

Приложение А-5

Гидравлические расчеты для Насосно-Фильтровальной

Станции

Гидравлические расчеты по Насосно-фильтровальной станции

0. Параметры проектирования

0.1 Объемы подачи воды

Наименование	Объемы водоснабжения				Комментарии
	Qsd (м³/сут)	Qsh (м³/ч)	Qsm (м³/мин)	Qss (м³/сек)	
По данному проекту	100,000	4,167	69.44	1.157	
Существующие	100,000	4,167	69.44	1.157	
Итого	200,000	8,334	138.88	2.314	

0.2 Объемы очистки воды

Наименование	Qtd			Комментарии
	Существ. (м³/сут)	Этот проект (м³/сут)	Итого (м³/сут)	
Объемы подачи воды	100,000	100,000	200,000	
Вода, потребляемая на НФС	5,000	5,000	10,000	5 %
Итого	105,000 ≈ 105,000	105,000 ≈ 105,000	210,000 ≈ 210,000	

Объемы очистки воды	Qtd (м³/сут)	Qth (м³/ч)	Qtm (м³/мин)	Qts (м³/сек)	Комментарии
Данный проект	105,000	4,375	72.92	1.215	
Итого	210,000	8,750	145.83	2.431	Распред. камера

1. Распределительная камера

1.1 Параметры проектирования

1.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	210,000 м³/сут
Количество единиц	N=	1 камера
Проектный расход единицы	Qud=	210,000 м³/сут/камера
	Qus=	2.4306 м³/сек/камера

1.1.2 Проектная отметка воды

Отметка воды на входе 363.40 м

1.2 Расчеты потери напора

1.2.1 Перегородка

Примененные формулы : $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Степень открытия	Ro	9.9 %
Ширина	W	10.2 м
Высота	H	7.4 м
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек²
Расчет		
Средняя скорость у отверстия	Vo	0.3253 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g) =$ примерно 0.02 м

Уровень воды за перегородкой

363.38 м

1.2.2 Заглушенный прямоугольный водослив

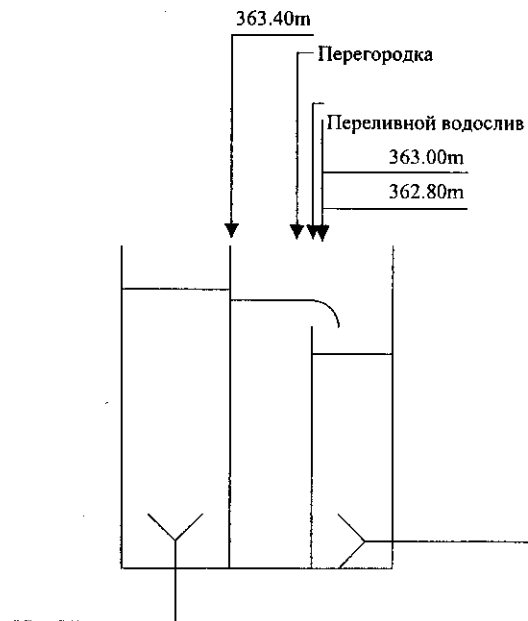
Примененные формулы : $Q=C \times H \times h^{3/2}$
 $C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$
 $\epsilon=0$ ($H \leq 1.0\text{м}$)
 $\epsilon=0.55 \times (H-1.0)$ ($H > 1.0\text{м}$)

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Ширина водослива	Ww		3.00 м
Высота водослива	Hw		7.00 м
Количество водосливов	N		2 водослива
Расчет			
Расход единицы	Qud	$Qudw/N=$	105,000 м ³ /сут/водослив
Коэффициент точности	ϵ		3.3000
Показатель текучести	C		1.87267
Рассчитанный расход	Qc		1.2155 м ³ /сек
Абсолютная погрешность		$Qus-Qc$	0.0002 м ³ /сек
Глубина водослива	h_0	См. "Переливной водосл	0.3604
		Say	0.36 м
Допуск на превышение	h_b		0.22 м
Потери напора	h	$h_0+h_b=$	0.58 м

A-5-2

Уровень воды после водослива 362.80 м
 Отметка водослива 363.00 м ...OK

1.2.3 Изображение отметки воды



2. Распределительная камера - Приемный колодец

2.1 Параметры проектирования

2.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
Количество единиц		1 линия
Проектный расход единицы	Qud=	105,000 м ³ /сут
	Qus=	1.2153 м ³ /сек

(2) Расчетная отметка воды

Распределительная камера	362.80 м
--------------------------	----------

2.2 Расчеты потери напора

2.2.1 Соединительный трубопровод

Примененные формулы : $h_f = I \times L$
 $I = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.8}$ формула Хазен-Вильямса
 $h_s = f_1 \times v^2 / (2g)$

А.5-3

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Диаметр	D	1,200 мм
Длина	L	80.0 м
Коэффициент скорости	C	130
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость	V	#REF! м/сек
Потеря на трение	h_f	См. "Трубопровод" #REF! м
Потеря формы	h_s	См. "Трубопровод" #REF! м
Сумма	h_p	$h_f + h_s =$ #REF! м
		примерно #REF! м
Допуск на превышение	h_b	0.31 м
Потери напора	h	$h_p + h_b =$ #REF! м

Уровень воды после соединительного трубопровода #REF! м

3. Приемный колодец

3.1 Параметры проектирования

3.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
Количество единиц	N=	2 колодца
Проектный расход единицы	Qud=	52,500 м ³ /сут/колодец
	Qus=	0.6076 м ³ /сек/колодец

3.1.2 Расчетная отметка воды

Распределительный трубопровод	362.30 м
-------------------------------	----------

3.2 Расчеты потери напора

3.2.1 Перегородка

Примененные формулы : $h = 1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Степень открытия	Ro	19.6 %
Ширина	W	4.2 м
Высота	H	6.0 м
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Средняя скорость у отверстия	v	$Qus / (W \times H \times Ro) =$ 0.1230 м/сек
Расчет		
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g) =$ 0.002 м
		Около 0.00 м

Уровень воды за перегородкой 362.30 м

4. Коагуляционный бассейн
- 4.1 Параметры проектирования
- 4.1.1 Проектный расход
- Проектный расход Qtd= 105,000 м³/сут
- Количество единиц N= 2 бассейна
- Проектный расход единицы Qud= 52,500 м³/сут/бассейн
- Qus= 0.6076 м³/сек/бассейн
- 4.1.2 Расчетная отметка воды
- Приемный колодец 362.30 м
- 4.2 Расчеты потери напора
- 4.2.1 Заглушенный прямоугольный водослив

Примененные формулы : $Q=C \times H \times h^{3/2}$
 $C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$
 $\epsilon=0$ (H ≤ 1.0м)
 $\epsilon=0.55 \times (H-1.0)$ (H > 1.0м)

A.5-4

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	Ww	4.20 м
Высота	Hw	5.30 м

Наименование	Символ	Расчетное значение
Расчет		
Кoeffициент точности	ϵ	2.3650
Кoeffициент скорости	C	1.86696
Расчитанный расход	Qc	0.6078 м ³ /сек
Абсолютная погрешность	Qus-Qc=	0.0002 м ³ /сек
Глубина водослива	h ₀	см."Переливной водосли примерно 0.18 м
Допуск на превышение	h _г	0.72 м
Потери напора	h	h ₀ +h _г = 0.90 м

Отметка воды после водослива 361.40 м

Уровень водослива 362.10 м ...OK

- 4.2.2 Отверстие на выходе

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	W ₀	1.00 м
Высота	H ₀	1.00 м
Кoeffициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость у отверстия	v	Qus/(W ₀ ×H ₀)= 0.6076 м/сек
Потери напора	h	1/C ² ×v ² /(2g)= примерно 0.05 м

Уровень воды после отверстия на выходе 361.35 м

5. Флокуляционная камера

5.1 Параметры проектирования

5.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
Количество единиц	N=	6 камер
Расход единицы	Qud=	17,500 м ³ /сут/камера
	Qus=	0.2025 м ³ /сек/камера

5.1.2 Расчетная отметка воды

Коагуляционная камера		361.35 м
-----------------------	--	----------

5.2 Расчет потери напора

5.2.1 Входящий канал

Необходимый расход	Трасса a-b	Rab=	3 камеры
	b-c	Rbc=	2 камеры
	c-d	Rcd=	1 камера
Проектный расход трассы	Трасса a-b	Qrsab=	0.6075 м ³ /сек
	b-c	Qrsbc=	0.4050 м ³ /сек
	c-d	Qrsdc=	0.2025 м ³ /сек

Примененные формулы : $h=L/v^2/(C^2/R)$
 $C^2=R^{1/3}/n^2$

формула Маннинга

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Расстояние каждого участка	La-b	5.90 м
	Lb-c	9.60 м
	Lc-d	9.60 м
Ширина канала	Wa-b	2.00 м
	Wb-c	2.00 м
	Wc-d	2.00 м
Высота канала	Ha-b	4.35 м
	Hb-c	4.35 м
	Hc-d	4.35 м
	Hd-e	4.35 м
Коэффициент шероховатости	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость	Va-b	0.0698 м/сек
	Vb-c	0.0466 м/сек
	Vc-d	0.0233 м/сек
Потери напора	ha-b	$L/v^2/(C^2/R) = 0.000$ м
	hb-c	$L/v^2/(C^2/R) = 0.000$ м
	hc-d	$L/v^2/(C^2/R) = 0.000$ м
	Сумма	0.000 м
		примерно 0.00 м

Отметка воды у низовой грани

361.35 м

A.5-5

5.2.2 Отверстие на входе

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Ширина	W ₀		0.60 м
Высота	H ₀		0.60 м
Показатель текучести	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	Q _{ис} / (W ₀ × H ₀) =	0.5625 м/сек
Потери напора	h	1/C ² × v ² / (2g) =	0.045 м
		примерно	0.05 м

Отметка воды после отверстия на выходе 361.30 м

A.5-6

5.2.3 Перегородка флокуляционной камеры

См. Раздел 5.3

Потери напора 0.503 м
примерно 0.50 м

Отметка воды после 6-й перегородки 360.80 м

5.2.4 Внешняя перегородка

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Степень открытия	R ₀		6.0 %
Ширина	W		9.0 м
Высота	H		4.0 м
Показатель текучести	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	Q _{рс} / (W × H × R ₀) =	0.0938 м/сек
Потери напора	h	1/C ² × v ² / (2g) =	0.001 м
		примерно	0.00 м

Отметка воды после внешней перегородки 360.80 м

5.3 Перегородка флокуляционной камеры(зигзагообразный поток)

5.3.1 Параметры проектирования

5.3.1.1	Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
	Количество единиц	Qts=	1.215 м ³ /сек
	Расход единицы	Qud=	17,500 м ³ /сут/камера
		Qus=	0.2025 м ³ /сек/камера

5.3.1.2 Расчетная отметка воды

Отметка воды на входе 361.30 м

5.3.2 Расчет потери напора

Примененные формулы $G = [\rho \times g \times h_T / (\mu \times Tr) GT = 23,000 - 210,000$

$$h_T = \mu \times V \times G^2 / (\rho \times g \times Q)$$

$$h_T = h_0 + h_c$$

$$h_0 = f_0 \times v_0^2 / (2g)$$

$$h_c = L \times n^2 \times v_c^2 / R^{4/3}$$

5.3.2.1 Параметры

Наименование	Символ	Ед. изм	Формула	1-ый этап	2-ой этап	3-ий этап	Итого
Расход	Qus	м ³ /сек		0.2025	0.2025	0.2025	
Ширина канала	Wc	м		1.20	1.50	2.30	
Глубина канала	Dc	м		9.00	9.00	9.00	
Уровень основания	Hb	м			0.00	0.00	
Глубина перегородки	Db	м		0.15	0.15	0.15	
Разделенное количество	N	-		7	7	7	
Ширина первичного канала	Wpr	м		2.55	1.30	1.30	
Ширина промежуточного канала	Wi	м		1.10	1.10	1.10	
Ширина пост-канала	Wpo	м		1.30	1.30	1.30	
Глубина воды входного патрубка	Dwц	м		361.300	360.901	360.822	
Глубина воды выходящего патрубка	Dwb	м		360.901	360.822	360.797	
Средняя глубина воды	Dwa	м		361.101	360.862	360.810	
Расчетная средняя глубина воды	Dw	м		4.00	3.76	3.71	
Уровень воды выходящего патрубка	Lw	м	Hb+Dwb=	360.901	360.822	360.797	
Показатель текучести	C	-		0.6	0.6	0.6	
Коэффициент шероховатости	n	-		0.015	0.015	0.015	
Усиление силы тяжести	g	м/сек ²		9.81	9.81	9.81	
Объем	V	м ³		71.88	84.60	128.89	285.37
Время удержания	Trп	мин		5.92	6.96	10.61	23.49
	Trс	сек		355	418	637	1,410

5.3.2.2 Расчет потери напора

Наименование	Символ	Ед. изм	Формула	1-ый этап	2-ой этап	3-ий этап	Итого
Потери напора у перегородки							
Количество перегородок	N	-		11	12	12	
Ширина открыгтия	Wo	м		0.10	0.25	0.45	
Скорость	vo	м/сек	Qus/(Wor×Dw)=	0.506	0.215	0.121	
Кoeffициент трения	fo	-	1/C ² =	2.78	2.78	2.78	
Потери напора	ho	м	fo×vo ² /(2g)=	0.399	0.079	0.025	
Потери напора на канале							
Длина	Lc	м		14.75	17.25	21.45	
Гидравлический радиус	Rc	м		0.4835	0.4798	0.4790	
Скорость	vc	м/сек		0.046	0.0490	0.0496	
Потери напора	hc	м	L×n ² ×vc ² /R ^{4/3} =	0.000	0.000	0.000	
Общая потеря напора	hT	м		0.399	0.079	0.025	0.503
Значение G, значение GT							
Температура воды : 0 °C							
Плотность воды	ρ	кг/м ³		999.9	999.9	999.9	
Вязкость	μ	10 ⁻³ кг/м/сек		1.792	1.792	1.792	
Значение G	G ₀	сек ⁻¹	(ρ×g×hT/(μ×Trs)) ^{1/2}	78	32	15	44
Значение GT	GT ₀	-	G ₀ × Trs	27,690	13,376	9,555	62,040
Температура воды : 20 °C							
Плотность воды	ρ	кг/м ³		998.2	998.2	998.2	
Вязкость	μ	10 ⁻³ кг/м/сек		1.002	1.002	1.002	
Значение G	G ₂₀	сек ⁻¹	(ρ×g×hT/(μ×Trs)) ^{1/2}	105	43	20	59
Значение GT	GT ₂₀	-	G ₂₀ × Trs	37,275	17,974	12,740	83,190

A-5-7

6. Отстойник

6.1 Параметры проектирования

6.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
	Qds=	1.2153 м ³ /сек
Количество единиц	Ro=	6 отстойников
Расход единицы	Qud=	17,500 м ³ /сут/отстойник
	Qus=	0.2025 м ³ /сек/отстойник

6.1.2 Расчетная отметка воды

Флокуляционная камера 360.80 м

6.2 Расчеты потери напора

6.2.1 Внутренняя перегородка

А.5-8

Примененные формулы : $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Степень открытия	Ro		17.7 %
Ширина	W		9.0 м
Высота	H		4.0 м
Кэффициент скорости	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	$Qus/(W \times H \times Ro)=$	0.0318 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g)=$	0.000 м
		примерно	0.00 м

Отметка воды после внутренней перегородки 360.80 м

6.2.2 1-ая промежуточная перегородка

Примененные формулы : $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Степень открытия	Ps		17.7 %
Ширина	W		9.0 м
Высота	H		4.0 м
Кэффициент скорости	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	$Qus/(W \times H \times Ro)=$	0.0318 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g)=$	0.000 м
		примерно	0.00 м

Отметка воды после 1-ой промежуточной перегородки 360.80 м

6.2.3 2-ая промежуточная перегородка

Примененные формулы : $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Степень открытия	Ps		17.7 %
Ширина	W		9.0 м
Высота	H		4.0 м
Кэффициент скорости	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	$Qus/(W \times H \times Ro)=$	0.0318 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g)=$	0.000 м
		примерно	0.00 м

Отметка воды после 2-ой промежуточной перегородки 360.80 м

6.2.4 Внешняя перегородка

Примененные формулы : $h = 1/C^2 \times v^2/(2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Степень открытия	Ps		17.7 %
Ширина	W		9.0 м
Высота	H		4.0 м
Кэффициент скорости	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	$Q_{us}/(W \times H \times R_o) =$	0.0318 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2/(2g) =$	0.000 м
		примерно	0.00 м

A.5-9	Отметка воды после внешней перегородки	360.80 м
6.2.5	Внешний лоток	

Примененные формулы : формула Томаса-Кампа
 $h = (2hc^2 + (hc - iL/3)^2)^{1/2} - 2/3 \times iL$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Длина лотка	Lt		4.20 м
Ширина лотка	Wt		0.35 м
Высота лотка	Ht		0.35 м
Количество лотков	N		6 лотков
Диаметр сборного отверстия	Do		40 мм
Расстояние между сборными	Io		150 мм
Количество отверстий	No	$Lt/(Io/1000) =$	56 отверстий/лоток
Кэффициент скорости	C		0.6
Кэффициент	α		1.1
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Наклон лотка	i		0 ‰

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Расчет			
(a) Потери напора на отверстиях			
Переливание на лоток	Qot	$Q_{us}/Nt =$	0.0338 м ³ /сек/лоток
Переливание на отверстие	Qoh	$Q_{ot}/N_o =$	6.0357×10^{-4} м ³ /сек/отверстие
Выходящая скорость на отве	vo	$Q_{oh}/(3.14/4 \times (D_o \times 10^{-3})^2) =$	0.4805 м/сек/отверстие
Потери напора на отверстиях	ho	$1/C^2 \times v_o^2/(2g) =$	0.033 м
		примерно	0.03 м
(b) Потери напора на сборном лотке			
Критическая глубина на вых	hc	$(\alpha \times Q_{ot}^2 / (g \times Wt^2))^{1/3} =$	0.102 м
одящем патрубке		примерно	0.10 м
Глубина воды на входящем п	hu	$(2hc^2 + (hc - i \times Lt/3)^2)^{1/2} - 2/3 \times i \times Lt$	
		=	0.177 м
		примерно	0.18 м

Уровень отверстия (No) = уровень воды на задней перегородке =	360.77 м
Уровень основания лотка (Htb) = No - (hu + htfb)	360.50 м
Допуск на превышение сборного лотка (htfb) =	0.09 м
Уровень воды на входящем патрубке лотка = Htb + hu =	360.68 м
Уровень воды на выходящем патрубке лотка = Htb + hc =	360.60 м
Верхний уровень лотка (Htu) = Htb + Ht =	360.85 м
Выходящий канал, допуск на превышение по глубине (Hoccd) =	0.30 м
Уровень воды на входящем патрубке выходящего канала = Htb - l	360.20 м

6.2.6 Выходящий канал

Примененные формулы : Расчет выполнен как для потока открытого канала со сторонним входящим потоком (угол входа равен 90 градусов). Глубина воды (h), на уровне x метров от выходящего патрубка с непрерывным с торонним входящим потоком, выражена: " $dx^2/dh=x^2/h-(g/b^2/(a^2q^2)) \times h^{2n}$ ". Поэтому $f(h)=g \times Wc^2/(2a^2q^2) \times h^3 - C \times h + x^2 = 0$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Длина выходящего канала	Lc	57.00 м	
Ширина выходящего канала	Wc	2.00 м	
Уровень основания выходящего канала		355.80 м	
Коэффициент	α	1.1	
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²	
Расчет			
Входящий поток со стороны	q	Qrs/L=	0.0213 м ³ /сек/м
Глубина воды выходящего канала (выходящий патрубок)	Hc	4.40 м	
Глубина воды на уровне x метров от выходящего патрубка	f(h)	$g \times Wc^2 / (2a^2q^2) \times h^3 - C \times h + x^2$ = 39,313.99 h ³ - C × h + x ² ...(a)	
Глубина воды на выходящем патрубке (x=0)	h(0)	4.400 м	
Коэффициент	C	(a)	761,857.26 ... (b)
Глубина воды на входящем патрубке (x = Lc)	h(Lc)	(a),(b)	4.402 м
Потери напора	h	h(0)-h(Bc)=	0.002
		примерно	0.00 м

Уровень воды на выходящем патрубке выходящего канала 360.20 м

7. Отстойник - Скорый песчаный фильтр

7.1 Условия

7.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м ³ /сут
Количество трасс		1 трасса
Расход трассы	Qrd=	105,000 м ³ /сут/трасса
	Qrs=	1.2153 м ³ /сек/трасса

7.1.2 Расчетная отметка воды

Отметка воды на выходящем патрубке выходящего канала	360.20 м
--	----------

7.2 Расчеты потери напора

7.2.1 Распределительный канал

Необходимый расход для фи. Участок a-b	Na-b=	12 фильтров
b-c	Nb-c=	6 фильтров
c-d	Nc-d=	5 фильтров
d-e	Nd-e=	4 фильтра
e-f	Ne-f=	3 фильтра
f-g	Nf-g=	2 фильтра
g-h	Ng-h=	1 фильтр
Расход каждого участка	Участок	
	a-b	Qsa-b= 1.2153 м ³ /сек
	b-c	Qsb-c= 0.6077 м ³ /сек
	c-d	Qsc-d= 0.5064 м ³ /сек
	d-e	Qsd-e= 0.4051 м ³ /сек
		Qse-f= 0.3038 м ³ /сек
	f-g	Qsf-g= 0.2026 м ³ /сек
	g-h	Qsg-h= 0.1013 м ³ /сек

Примененные формулы : $h=L/v^2/(C^2/R)$
 $C^2=R^{1/3}/n^2$

формула Маннинга

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина каждого участка	La-b	18.40 м
	Lb-c	9.75 м
	Lc-d	9.60 м
	Ld-e	8.15 м
	Le-f	8.15 м
	Lf-g	8.15 м
	Lg-h	8.15 м
	Ширина канала	Wa-b
Wb-c		2.00 м
Wc-d		2.00 м
Wd-e		2.00 м
We-f		2.00 м
Wf-g		2.00 м
Wg-h		2.00 м
Высота канала		Ha-b
	Hb-c	1.70 м
	Hc-d	1.70 м
	Hd-e	1.70 м
	He-f	1.70 м
	Hf-g	1.70 м
	Hg-h	1.70 м
	Кoeffициент шероховатости	n
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²

A.5-11

Наименование	Символ	Расчетное значение
Расчет		
Средняя скорость	Va-b	0.3574 м/сек
	Vb-c	0.1787 м/сек
	Vc-d	0.1489 м/сек
	Vd-e	0.1191 м/сек
	Ve-f	0.0894 м/сек
	Vf-g	#DIV/0! м/сек
	Vg-h	0.0298 м/сек
	Потери напора	ha-b
hb-c		$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000 м
hc-d		$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000 м
hd-e		$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000 м
he-f		$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000 м
hf-g		$L/v^2/(C^2/R)=$ #DIV/0! м
hg-h		$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000 м
Сумма		0.000 м
	примерно	0.00 м

Отметка воды на выходящем патрубке

360.20 м

7.2.2 Потеря напора входящей части

Количество фильтров		12 фильтров
Кол-во одновременных фильтров обратной промывки		1 фильтр
Кол-во остановленных фильтров во время обратной промывки		1 фильтр
Кол-во работающих фильтров во время обратной промывки		10 фильтров
Расход единицы	Qud=	10,500 м ³ /сут
	Qus=	0.1215 м ³ /сек

а) Входящий сифон

Проектный расход Section a-b Qusa-b= 0.1215 м³/сек

Примененные формулы : $h=L/v^2/(C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2=R^{1/3}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина	La-b	4.22 м
Ширина	Wa-b	0.65 м
Высота	Ha-b	0.30 м
Коэффициент трения на вход	fi	1.0
Коэффициент трения на выходе	fo	1.0
Коэффициент шероховатости	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость	va-b	0.6075 м/сек
Потери напора по каналу сифона	hc	$L/v^2/(C^2/R)=$ 0.000
Потеря напора на входе	hi	$fi \times v^2/(2g) =$ 0.019 м
Потеря напора на выходе	ho	$fo \times v^2/(2g) =$ 0.019 м
Сумма	hs	hc+hi+ho= 0.038 м
		примерно 0.04 м
Допуск на превышение	hb	0.04 м
Потери напора	h	hs+hb= 0.08 м

Отметка воды на выходящем патрубке 360.12 м

б) Входящий водослив

Примененные формулы : $Q=C \times H \times h^{3/2}$
 $C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$
 $\epsilon=0$ (H <= 1.0м)
 $\epsilon=0.55 \times (H-1.0)$ (H > 1.0м)

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	Ww	1.50 м
Высота	Hw	1.50 м
Расчет		
Коэффициент точности	ε	0.2750
Показатель текучести	C	1.84028
Рассчитанный расход	Qc	0.1216 м ³ /сек
Абсолютная погрешность	Qus-Qc=	0.0000 м ³ /сек
Глубина водослива	hb	См. "Переливной водослив" 0.1247
		примерно 0.12 м
Допуск на превышение	hb	0.25 м
Потери напора	h	hb+hb= 0.37 м

Отметка воды после водослива 359.75 м
 Уровень водослива 360.00 м ...OK

с) Входящий трубопровод

Примененные формулы : $h_f = I \times L$
 $I = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$ формула Хазен-Вильямса
 $h_s = f_t \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Диаметр	D	500 мм
Длина	L	4.0 м
Коэффициент скорости	C	130
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость в трубопроводе	v	0.9305 м/сек
Потери напора на прямом отрезке	h_f	См. "Трубопровод" 0.003 м
Потери напора по форме	h_s	См. "Трубопровод" 0.034 м
Общая потеря напора	h_p	$h_f + h_s =$ 0.037 м
		примерно 0.04 м
Допуск на превышение	h_b	0.01 м
Потери напора	h	$h_p + h_b =$ 0.05 м

A.5-13

Уровень воды после соединительного трубопровода 359.70 м ...OK
 Макс. уровень воды фильтра 359.70 м

8. Скорый песчаный фильтр

8.1 Условия

8.1.1 Проектный расход

Общий расход $Q_{td} =$ 105,000 м³/сут
 Количество фильтров 12 фильтров
 Кол-во одновременных фильтров обратной промывки 1 фильтр
 Кол-во остановленных фильтров во время обратной промывки 1 фильтр
 Входящий поток на каждый фильтр должен рассчитываться во время обратной промывки

Кол-во работающих фильтров во время обратной промывки 10 фильтров
 Расход единицы $Q_{ud} =$ 10,500 м³/сут
 $Q_{us} =$ 0.1215 м³/сек

8.1.2 Расчетная отметка воды

Макс. отметка воды 359.70 м
 Фактическая глубина воды 3.80 м
 Уровень поверхности фильтра 355.90 м

8.2 Расчеты потери напора

а) Начальная потеря напора при загрузке фильтра

Примененные $h = \Sigma(0.178 \times C_D / g \times Lv^2 / \epsilon^4 \times \alpha / \beta \times L / D)$ формула Файр-Хэтча

$$Re = \rho_f \times D \times Lv / \mu$$

$$C_D = 24 / Re \quad (Re < 1)$$

$$24 / Re + 3 / Re^{1/2} + 0.34 \quad (Re \geq 1)$$

Расчеты выполнены для температуры = 15°

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	W_f	5.8 м
Длина	L_f	12.6 м
Площадь фильтра	A_f	$W_f \times L_f =$ 73.08 м ²
Плотность	ρ_f	1,000 кг/м ³
Вязкость	μ	1.002 10 ⁻³ кг/м·сек
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Скорость фильтрации	Lv	$Q_{us} / A_f =$ 0.0017 м/сек

а-1) Потери напора при загрузке фильтра

Загрузка фильтра

Фильтр	СГД D(10 ⁻³ м)	Глубина L(м)	Перенумерац Re	Коэффициент C _D	Пористость ε	Коэффициент формы α/β	Потери напора h(м)
Песок	0.60	0.700	1.018	26.8890	0.35	5.5	0.603
СГД : Средний гармонический диаметр						Сумма(h1)	0.603

а-2) Потери напора при гравии

Calculated head loss as same as filter media

Фильтр	СГД D(10 ⁻³ м)	Глубина L(м)	Перенумерац Re	Коэффициент C _D	Пористость ε	Коэффициент формы α/β	Потери напора h(м)
1-ый гравий	2.0	0.100	3.3932	9.0416	0.35	5.5	0.009
2-ой гравий	5.0	0.100	8.4830	4.1992	0.35	5.5	0.002
3-ий гравий	9.0	0.100	15.2695	2.6795	0.35	5.5	0.001
4-ый гравий	16.0	0.100	27.1457	1.7999	0.35	5.5	0.000
СГД : Средний гармонический диаметр						Сумма(h2)	0.012

б) При дренаже

б-1) Собирающее отверстие

Примененные форму $h=1/C^2 \times v^3 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина канала	Lc	12.60 м
Количество каналов	Nc	16 каналов
Диаметр собирающего отве	Do	12 мм
Интервал между собирающ	Io	75 мм
Количество отверстий	No	1,008 ед./канал
Площадь отверстия	Ao	0.11 м ² /канал
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость на отавер	v	$Qus/(Ao \times Nc) =$ 0.0690 м/сек/отверстие
Потери напора	h3	$1/C^2 \times v^3 / (2g) =$ 0.001 м

б-2) Дренажный канал

Примененные форму $h=Lv^3/(C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2=R^{1/3}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Количество	Nc	16 каналов
Длина	Lc	13.2 м
Ширина	Wc	0.20 м
Высота	Hc	0.24 м
Коэффициент шероховатос	n	0.015
Расчет		
Площадь участка единицы	A	$Nc \times Wc =$ 0.048 м ²
Периметр влажной части	S	$(Wc + Hc) \times 2 =$ 0.88 м
Гидравлический радиус	R	$A/S =$ 0.0545 м
Средняя скорость	v	$Qus/A =$ 0.1582 м/сек
	C ²	$R^{1/3}/n^2 =$ 1685.0637
Потери напора	h4	$Lv^3/(C^2/R) =$ 0.017 м

б-3) Выходящие отверстия дренирования

Примененные форму $h=f \times v^3 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина затвора	Wg	2.40 м
Высота затвора	Hg	0.24 м
Количество	N	2 отверстия
Коэффициент трения на вх	fi	0.5
Коэффициент трения на вы	fo	1.0
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость на затвор	v	$Qus/(Wg \times Hg \times N) =$ 0.1055 м/сек
Потеря напора на входе	hi	$fi \times v^3 / (2g) =$ 0.000 м
Потеря напора на выходе	ho	$fo \times v^3 / (2g) =$ 0.001 м
Потери напора	h5	$hi + ho =$ 0.001 м

б-4) Затвор на выходе

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	Wg	0.60 м
Высота	Hg	0.60 м
Количество	N	2 затвора
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость у отверстия	v	$Q_{us} / (Wg \times Hg \times N) =$ 0.1688 м/сек
Потери напора	h6	$1/C^2 \times v^2 / (2g) =$ 0.004 м

Итого $h=h1+h2+h3+h4+h5+h6=$ 0.638 м
примерно 0.64 м

Начальная фактическая потеря напора 1.16 м
Отметка воды на выходе скорого песчаного фильтра 357.90 м ...OK

A.5-15

9. Скорый песчаный фильтр (обратная промывка)

9.1 Параметры проектирования

9.1.1 Проектный расход		
Максимальный расход обратной промывки	$Q_{bp} =$	0.60 м ³ /м ² /мин
Коэффициент	$\alpha =$	1.0
Площадь фильтра	$A_f =$	73.08 м ²
Проектный ра ($Q_{bp} \times \alpha \times A_f / 60$)	$Q_{us} =$	0.7308 м ³ /сек
	$Q_{ud} =$	63,141 м ³ /сут
Скорость обратной промывки	$L_{vb} =$	0.0100 м/сек

9.1.2 Расчетная отметка воды

Входящий канал 357.90 м

9.2 Расчеты потери напора

9.2.1 Затвор на входе обратной промывки

Примененные формулы $h=f \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина затвора	Wg	0.60 м
Высота затвора	Hg	0.60 м
Количество	N	2 затвора
Коэффициент трения на вх	$f_i =$	0.5
Коэффициент трения на вы	$f_o =$	1.0
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость на затворе	v	$Q_{us} / (Wg \times Hg \times N) =$ 1.0150 м/сек
Потеря напора на входе	$h_i =$	$f_i \times v^2 / (2g) =$ 0.026 м
Потеря напора на выходе	$h_o =$	$f_o \times v^2 / (2g) =$ 0.053 м
Сумма	$h_1 =$	$h_i + h_o =$ 0.079 м

9.2.2 Дренаж и нагрузка фильтра

1) Входящее отверстие дренажа

Примененные форму $h = (\kappa v^2)/(2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина отверстия	W_g	2.40 м
Высота отверстия	H_g	0.24 м
Количество	N	2 отверстия
Коэффициент трения на входе	f_i	0.5
Коэффициент трения на выходе	f_o	1.0
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость на затворе	v	$Q_{us}/(W_g \times H_g \times N) = 0.6344$ м/сек
Потеря напора на входе	h_i	$f_i \times v^2/(2g) = 0.010$ м
Потеря напора на выходе	h_o	$f_o \times v^2/(2g) = 0.021$ м
Сумма	h_2	$h_i + h_o = 0.031$ м

2) Канал дренирования

Примененные форму $h = f \times v^2/(2g)$

$$h = L \times v^2 / (C^2/R)$$

$$C^2 = R^{1/3} / n^2$$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина канала	L_c	12.60 м
Ширина канала	W_c	0.20 м
Высота канала	H_c	0.24 м
Количество	N	16 каналов
Эквивалентная длина	L_e	$L_c/2 = 6.30$ м
Коэффициент трения на входе	f_i	0.5
Коэффициент шероховатости	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Площадь участка	A	$W_c \times H_c = 0.048$ м ²
Периметр влажной части	S	$(W_c + H_c) \times 2 = 0.88$ м
Гидравлический радиус	R	$A/R = 0.0545$ м
Средняя скорость	v	$Q_{us}/(A \times N) = 0.9516$ м/сек
Потеря напора на входе	h_i	$f_i \times v^2/(2g) = 0.023$ м
Потеря напора входящего	h_c	$C^2 \times R^{1/3} / n^2 = 1685.06$
		$L_e \times v^2 / (C^2/R) = 0.000$ м
Сумма	h_3	$h_i + h_c = 0.023$ м

3) Собирающее отверстие

Примененные форму $h = 1/C^2 \times v^2/(2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина канала	L_c	12.60 м
Количество каналов	N_c	16 каналов
Диаметр собирающего отверстия	D_o	12 мм
Интервал между собирающими	l_o	75 мм
Количество отверстий	N_o	1,008 ед./канал
Площадь отверстия на канале	A_o	$3.14/4 \times D_o^2 \times N_o = 0.114$ м ² /канал
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость у отверстия	v	$Q_{us}/(A_o \times N_c) = 0.4007$ м/сек
Потери напора	h_4	$1/C^2 \times v^2/(2g) = 0.023$ м

4) Гравий

Примененные форму $h = \Sigma(0.178 \times C_D \rho_f \times L v^3 / \epsilon^4 \times \alpha / \beta \times L/D)$

формула Фэйр-Хэтча

$$Re = \rho F \times D \times L v / \mu$$

$$C_D = 24/Re$$

$$24/Re + 3/Re^{1/2} + 0.34$$

$$(Re < 1)$$

$$(Re > 1)$$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Плотность воды	ρF	1,000.0 кг/м ³
Вязкость	μ	0.001 кг/м/сек
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Скорость обратной промывки	$L v$	0.0100 м/сек

Фильтр	СГД D(10 ⁻³ м)	Глубина L(м)	Перенумерац(коэффициен) Re	Пористость C _D	Пористость ε	Коэффициент трения α/β	Потери напор h(м)	
1-ый гравий	2.0	0.100	20.00	2.2108	0.35	5.5	0.074	
2-ой гравий	5.0	0.100	50.00	1.2443	0.35	5.5	0.017	
3-ий гравий	9.0	0.100	90.00	0.9229	0.35	5.5	0.007	
4-ый гравий	16.0	0.100	160.00	0.7272	0.35	5.5	0.003	
СГД : Средний гармонический диаметр							Сумма(h ₅)	0.101

5) Загрузка фильтра

Примененные формулы $h=L(1-\epsilon)(\rho_s-\rho_f)/1,000$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Глубина слоя фильтра	L	0.70 м
Пористость	ϵ	0.35
Плотность песка	ρ_s	2,600 кг/м ³
Плотность воды	ρ_f	1,000 кг/м ³
Расчет		
Потери напора	h_6	$L(1-\epsilon)(\rho_s-\rho_f)/1,000=$ 0.728 м

Сумма	$h=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5+h_6=$	0.984 м	
	примерно	0.98 м	
Уровень воды		356.92 м	...OK
Верхний уровень лотка + Критическая глубина для дренажа =		356.72 м	

A.5-17

9.2.3 Дренажный лоток воды обратной промывки

Уровень поверхности слоя фильтра	355.90 м
Расстояние между поверхностью фильтра и верхним	0.80 м
Верхний уровень лотка	356.70 м

- 1) Вход собирающего лотка
 Расчет как для переливного водослива.

Примененные формулы $Q=C \times H \times h^{3/2}$
 $C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$
 $\epsilon=0$ ($H \leq 1.0$ м)
 $\epsilon=0.55 \times (H-1.0)$ ($H > 1.0$ м)

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина лотка	Ll	6.05 м
Ширина лотка	Lw	0.50 м
Высота лотка	Lh	0.35 м
Количество лотков	N	10 лотков
Расстояние между поверхностью фильтра и верхним уровнем лотка	W	0.80 м
Входящий поток	Qts	$Qts/(N \times 2)=$ 0.0365 м ³ /сек/сторона
Расчет		
Коэффициент точности	ϵ	0.0000
Показатель текучести	C	1.92919
Расчитанный расход	Qc	0.0365
Абсолютная погрешность	$Qc-Qts=$	0.0000 м ³ /сек
Глубина водослива	h1	см. "Переливной водосл примерно 0.02 м

Отметка воды входа водослива	356.72 м	
Верхний уровень дренажного канала	356.85 м	...OK

2) Собирающий лоток

Применяемые формулы $h_c = (\alpha \times Q^2 / (g \times W t^3))^{1/3}$
 формула Томаса-Кампа
 Свободное падение на нижнем патрубке

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина лотка	Lt	6.05 м
Ширина лотка	Wt	0.50 м
Высота лотка	Ht	0.35 м
Количество лотков	Ln	10 лотков
Коэффициент	α	1.1
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Наклон лотка	i	0.0 ‰
Расчет		
Расход на лоток	Q	Qns/N= 0.0731 м ³ /сек/лоток
Критическая глубина	hc	$(\alpha \times Q^2 / (g \times W t^3))^{1/3} =$ 0.134 м App 0.13 м
Глубина воды на входящем	hw	$(2hc^3 + (hc - iL/3)^3)^{1/2} - 2/3 \times iL$ = 0.232 м примерно 0.23 м
Допуск на превышение		0.34 м

А.5-18

Уровень основания лотка = верхний уровень лотка - глубина лотка = 356.35 м
 Уровень воды входящего патрубка лотка = Уровень основания лотка + глубина воды входящего патрубка = 356.58 м
 Уровень воды выходящего патрубка лотка = Уровень основания лотка + hc = 356.48 м
 Уровень воды входящего патрубка дренажного канала = Уровень основания лотка - Допуск на превышение = 356.01 м

3) Дренажный канал

Примененные формулы Расчет выполнен как для потока открытого канала со сторонним входящим потоком (угол входа равен 90 градусам). Глубина воды (h), на уровне x метров от выходящего патрубка с непрерывным сторонним входящим потоком, выражена "dx²/dh=x²/h-(g/b³/(α q³)) \times h²". Поэтому f(h)=g \times Wc²/(2 α q³) \times h³-C \times h+x²=0

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина дренажного канала	Lc	13.55 м
Ширина дренажного канала	Bc	1.5 м
Глубина воды дренажного канала	Hc	1.41 м
Уровень основания дренажного канала		354.60 м
Коэффициент	α	1.1
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Входящий поток со стороны	q	Qts/L 0.0539 м ³ /сек/м
Глубина воды на расстоянии	f(h)	$g \times Wc^2 / (2\alpha q^3) \times h^3 - C \times h + x^2$ = 3,453.44 h ³ -C \times h+x ² ...(a)
Глубина воды на выходе (x=0)	h(0)	1.410 м
Коэффициент	C	(a) 6,996.00 ... (b)
Глубина воды на входящем патрубке (x = Lc)	h(Lc)	(a),(b) 1.423 м
Потери напора	h	h(0)-h(Bc)= 0.013 примерно 0.01 м

Уровень воды вых. патрубка = Уровень воды вх. патрубка - h = 356.00 м

4) Сифон на выходе

Примененные формулы $h=L/v^2/(C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2=R^{13}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина	La-b	13.55 м
Ширина	Wa-b	0.75 м
Глубина	Ha-b	0.90 м
Коэффициент трения на вх	f1	0.9
Коэффициент трения на вы	f0	0.7
Коэффициент шероховатос	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость	va-b	1.0747 м/сек
Потери напора на канале	hc	$L/v^2/(C^2/R) =$ 0.001 м
Потеря напора на входе	hi	$f1 \times v1^2/(2g) =$ 0.053 м
Потеря напора на выходе	ho	$f0 \times v^2/(2g) =$ 0.041 м
Сумма	hs	0.095 м
		примерно 0.10 м
Допуск на превышение	hb	0.00 м
Потери напора	h	$hs+hb =$ 0.10 м

Уровень воды после сифона

355.90 м

A.5-19

9.2.4 Дренажный канал

1) Канал

Примененные формулы $h=L/v^2/(C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2=R^{13}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина	La-b	18.40 м
	Lb-c	10.00 м
Ширина канала	Wa-b	2.80 м
	Wb-c	2.00 м
Уровень основания канала	Hba-b	354.40 м
	Hbb-c	354.40 м
Высота канала	Ha-b	1.50 м
	Hb-c	1.50 м
Коэффициент шероховатос	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость	va-b	0.1744 м/сек
	vb-c	0.2444 м/сек
Потери напора	ha-b	$L/v^2/(C^2/R) =$ 0.000 м
	hb-c	$L/v^2/(C^2/R) =$ 0.000 м
Сумма	h1	0.000 м
		примерно 0.00 м

2) Заглушенный прямоугольный водослив

Примененные формулы $Q=C \times H \times h^{3/2}$

$$C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$$

$$\epsilon=0 \text{ (H} \leq 1.0 \text{ м)}$$

$$\epsilon=0.55 \times (H-1.0) \text{ (H} > 1.0 \text{ м)}$$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	W	2.00 м
Высота	H	1.20 м
Расчет		
Коэффициент точности	ϵ	0.1100
Коэффициент скорости	C	1.86858
Расчитанный расход	Qc	0.7308 м ³ /сек
Абсолютная погрешность	Qc-Qus=	0.0000 м ³ /сек
Глубина водослива	h _w	См. "Переливной водослив" примерно 0.3369
Допуск на превышение	h _b	0.10 м
Сумма	h _w +h _b =	0.44 м

A.5-20

Сумма	$h=h_1+h_2=$	0.44 м
Уровень воды после водослива		355.46 м
Уровень водослива		355.60 м

10. Скорый песчаный фильтр - Камера хлорирования

10.1 Параметры проектирования

10.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	100,000 м ³ /сут
	Qts=	1.1574 м ³ /сек
Количество фильтров		12 фильтров
Количество фильтров обратной промывки		1 фильтр
Количество остановленных фильтров во время обратной промывки		1 фильтр
Количество рабочих фильтров во время обратной промывки		10 фильтр
Расход единицы	Qud=	10,000.0 м ³ /сут/фильтр
	Qus=	0.1157 м ³ /сек/фильтр

10.1.2 Расчетная отметка воды

Выход скорого песчаного фильтра		357.90 м
---------------------------------	--	----------

10.2 Расчеты потери напора

10.2.1 Выходящий канал

Расход участка	Участок a-b	Qsa-b=	0.2315 м ³ /сек
	b-c	Qsb-c=	0.4630 м ³ /сек
	c-d	Qsc-d=	0.6944 м ³ /сек
	d-e	Qsd-e=	0.8102 м ³ /сек
	e-f	Qse-f=	1.0417 м ³ /сек
	f-g	Qsf-g=	1.2731 м ³ /сек

Примененные формулы : $h = L / v^2 / (C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2 = R^{13}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Длина	La-b	10.00 м
	Lb-c	10.00 м
	Lc-d	10.00 м
	Ld-e	10.00 м
	Le-f	10.00 м
	Lf-g	10.00 м
	Площадь участка	Aa-b
Ab-c		10.29 м
Ac-d		10.29 м
Ad-e		10.29 м
Ae-f		10.29 м
Af-g		10.29 м
Периметр влажной части		Sa-b
	Sb-c	12.00 м
	Sc-d	12.00 м
	Sd-e	12.00 м
	Se-f	12.00 м
	Sf-g	12.00 м
	Коэффициент шероховатости	n
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²

A.5-21

Наименование	Символ	Расчетное значение
Расчет		
Средняя скорость	va-b	0.0225 м/сек
	vb-c	0.0450 м/сек
	vc-d	0.0675 м/сек
	vd-e	0.0787 м/сек
	ve-f	0.1012 м/сек
	vf-g	0.1237 м/сек
	Потери напора	ha-b
hb-c		$L / v^2 / (C^2 / R) =$ 0.000 м
hc-d		$L / v^2 / (C^2 / R) =$ 0.000 м
hd-e		$L / v^2 / (C^2 / R) =$ 0.000 м
he-f		$L / v^2 / (C^2 / R) =$ 0.000 м
hf-g		$L / v^2 / (C^2 / R) =$ 0.000 м
Сумма		
	примерн	0.00 м

Уровень воды на выходящем патрубке канала 357.90 м

10.2.2 Водослив на выходе скорого песчаного фильтра

Вид водослива Заглушенный прямоугольный водослив
 Примененные формулы : $Q=C \times H \times h^{3/2}$
 $C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/H) \times (1+\epsilon)$
 $\epsilon=0$ ($H \leq 1.0\text{м}$)
 $\epsilon=0.55 \times (H-1.0)$ ($H > 1.0\text{м}$)

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Ширина	Ww	1.50 м	
Высота	Hw	3.10 м	
Количество	N	10 водосливов	
Расчет			
Расход единицы	Qus	$Qds/N=$	0.1157 м ³ /сек/водослив
Коэффициент точности	ϵ		1.1550
Показатель текучести	C		1.85287
Расчитанный расход	Qc		0.1519 м ³ /сек
Абсолютная погрешность		$Qus-Qc=$	0.0362 м ³ /сек
Глубина водослива	h ₀	См. "Переливной водосл	0.1440
		примерно	0.14 м
Допуск на превышение	h _п		0.26 м
Потери напора	h	$h_0+h_{п}=$	0.40 м

Отметка воды после водослива 357.50 м
 Уровень водослива 357.76 м ...ОК

А.5-22

10.2.3 Канал на выходе

Примененные формулы : $h=Lv^2/(C^2/R)$ формула Маннинга
 $C^2=R^{1/3}/n^2$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Длина	La-b		31.80 м
Ширина	Wa-b		2.45 м
Высота	Ha-b		2.90 м
Коэффициент шероховатости	n		0.015
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	va-b		0.1630 м/сек
Потери напора	ha-b	$L/v^2/(C^2/R)=$	0.000 м
		примерно	0.00 м

Уровень воды на выходящем патрубке 357.50 м

10.2.4 Отверстие на выходе

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2/(2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Параметры			
Ширина	W ₀		3.00 м
Высота	H ₀		2.70 м
Коэффициент скорости	C		0.6
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость у отверстия	v	$Qds/(W_0 \times H_0)=$	0.1429 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2/(2g)=$	0.003 м
		примерно	0.00 м

Уровень воды после выходящего отверстия 357.50 м

11. Камера хлорирования

11.1 Параметры проектирования

11.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qdd=	105,000 м ³ /сут
Количество единиц		1 канал
Расчетный расход единицы	Qud=	105,000 м ³ /сут/канал
	Qus=	1.2153 м ³ /сек/канал

(2) Расчетная отметка воды

Вход камеры хлорирования 357.50 м

11.2 Расчет потери напора

11.2.1 Канал

Примененные формулы : $hc=L \times v^2 / (Cc^2/R)$ формула Маннинга
 $Cc^2=R^{1/3}/n^2$
 $ht=ft \times v^2 / (2g)$

А.5-23

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	W	3.00 м
Ширина канала	Wc	3.80 м
Длина	L	48.00 м
Глубина перегородки	Db	0.20 м
Количество поворотов	Nt	12 м
Уровень основания канала	Hcb	354.40 м
Ширина отверстия	Wo	1.00 м
Коэффициент скорости	C	0.6
Коэффициент потери при повороте	ft	$1/C^2=$ 2.8
Коэффициент шероховатости	n	0.015
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²

Наименование	Символ	Расчетное значение
Расчет		
Глубина воды на входе	Dwu	3.100 м
Глубина воды на выходе	Dwd	2.815 м
Средняя глубина воды	Dwa	2.958 м
Расчетная средняя глубина воды	Ddw	2.98 м
Средняя скорость у отверстия	vt	0.4078 м/сек
Средняя скорость на канале	vc	0.1073 м/сек
Площадь участка	A	11.32 м ²
Периметр влажной части	S	9.76 м
Гидравлический радиус	R	1.1598 м
Длина канала	L	50.00 м
	Cc^2	$R^{1/3}/n^2=$ 4,669.59
Потери напора при повороте	ht	$N \times ft \times vt^2 / (2g)=$ 0.285 м
Потери напора на канале	hc	$L/v^2 / (Cc^2/R)=$ 0.000 м
	Сумма	0.285 м
	h	примерно 0.29 м
Допуск на превышение	h _п	0.01 м
Потери напора	h	0.30 м

Уровень воды на выходящем патрубке канала 357.20 м

11.2.2 Отверстие на выходе

Примененные формулы $h=1/C^2 \times v^2 / (2g)$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Параметры		
Ширина	Wo	3.00 м
Высота	Ho	2.70 м
Коэффициент скорости	C	0.6
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек ²
Расчет		
Средняя скорость на отверстии	v	$Qus / (Wo \times Ho)=$ 0.1500 м/сек
Потери напора	h	$1/C^2 \times v^2 / (2g)=$ 0.003 м
		примерно 0.00 м

Уровень воды после отверстия на выходе 357.20 м

12. Камера хлорирования - Распределительный резервуар

12.1 Параметры проектирования

12.1.1 Проектный расход

Общий расход	Qtd=	105,000 м³/сут
Количество трасс		1 трасса
Проектный расход на трассу	Qrd=	105,000 м³/сут/трасса
	Qrs=	1.2153 м³/сек/трасса

12.1.2 Расчетная отметка воды

Выход камеры хлорирования 357.20 м

12.2 Расчеты потери напора

12.2.1 Соединительный трубопровод

Примененные формулы : $h_f = I \times L$

$I = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$ формула Хазен-Вильямса

$h_s = ft \times v^2 / (2g)$

А.5-24

Наименование	Символ	Расчетное значение
Кoeffициент		
Диаметр	D	1,200 мм
Длина	L	14.0 м
Кoeffициент скорости	C	110
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек²
Расчет		
Средняя скорость	V	0.9305 м/сек
Потеря на трение	h_f	См. "Трубопровод" 0.019 м
Потеря формы	h_s	См. "Трубопровод" 0.092 м
Сумма	h_p	$h_s + h_f =$ 0.111 м
		примерно 0.11 м
Допуск на превышение	h_c	0.09 м
Итого	h	$h_p + h_c =$ 0.20 м

Уровень воды после соединительного трубопровода 357.00 м ...OK
 Макс. уровень воды распределительного резервуара 357.00 м

13. Отстойник - Уплотнитель

13.1 Параметры проектирования

13.1.1 Проектный расход

Дренажный расход		2,200 м³/сут
Периодичность дренажа		48 раз/сут
Время дренажа		10 мин
Количество трасс		1 трасса
Расчетный расход на один раз	Qus=	0.0764 м³/сек/раз
	Qud=	6,601 м³/сут/раз

13.1.2 Расчетная отметка воды

Мин. уровень воды отстойника -500

356.80	м
--------	---

Макс. уровень уплотнителя +500

354.50	м
--------	---

13.2 Расчеты потери напора

13.2.1 Дренажный трубопровод

Примененные формулы : Хазен - Вильямс

$h = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

Наименование	Символ	Расчетное значение
Кoeffициент		
Диаметр	D	Da-b 250 мм
Длина	L	La-b 440.0 м
Показатель текучести	C	110
Усиление силы тяжести	g	9.81 м/сек²
Расчет		
Средняя скорость	v	0.932 м/сек
Потеря на трение	h_f	2.244 м
Потеря формы	h_s	0.000 м
Сумма	h	$h_f + h_s =$ 2.244 м

Уровень воды на выходе 354.500 ...OK

14. Скорый песчаный фильтр - Промывной дренажный бассейн

14.1 Параметры проектирования

14.1.1 Проектный расход

Дренажный сток единицы 63,141 м³/сут/раз
0.7308 м³/сек/раз

14.1.2 Расчетная отметка воды

Дренажный канал обратной промывки 355.46 м
Макс. уровень воды промывного дренажного бассейна 353.80 м

14.2 Расчеты потери напора

14.2.1 Дренажный трубопровод

A.5-25

Примененные формулы: Хазен-Вильямс
 $h = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	1,000 мм
Длина	L	La-b	30.0 м
Показатель текучести	C		110
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v		1.520 м/сек
Потеря на трение	h _f		0.770 м
Потеря формы	h _s		0.000 м
Сумма	h	h _f +h _s =	0.770 м
		примерно	0.77 м

Уровень воды на выходе 354.69 м ...OK

15. Промывной дренажный бассейн - Распределительная камера

15.1 Параметры проектирования

15.1.1 Проектный расход

Распределительный расход 1,284 м³/раз
Время распределения 60 м и н
Количество единиц 1 линия
Расход единицы Q_{us}= 0.3567 м³/сек
Q_{ud}= 30,819 м³/сут

15.1.2 Расчетная отметка воды

Мин. уровень воды промывного дренажного бассейна 349.50 м
Макс. уровень воды распределительной камеры 363.40 м

15.2 Расчет потери напора

15.2.1 Трубопровод

Примененные формулы: Хазен-Вильямс
 $h = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	600 мм
Длина	L	La-b	615.0 м
Показатель текучести	C		110
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v		0.641 м/сек
Потеря на трение	h _f		0.554 м
Потеря формы	h _s		0.000 м
Потери насоса	h _p		3.000 м
Сумма	h	h _f +h _s +h _p =	0.554 м
		примерно	3.55 м

Необходимый напор насоса 19.000 м

Уровень воды на выходе 364.947 м ... OK

16. Уплотнитель - Накопительный резервуар

16.1 Параметры проектирования

16.1.1 Проектный расход

Входящий поток в уплотнитель		2,200 м ³ /сут
Выходящий поток на иловую площадку		900 м ³ /сут
Выходящий поток в накопительный резервуар		1,300 м ³ /сут
Количество единиц		1 линия
Расход единицы	Qud=	1,300.0 м ³ /сут
	Qus=	0.0150 м ³ /сек

16.1.2 Расчетная отметка воды

Макс. уровень воды уплотнителя	353.30	м
Макс. уровень воды накопительного резервуара	350.50	м

16.2 Расчет потери напора

16.2.1 Трубопровод

Примененные формулы : Хазен-Вильямс
 $h=10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	200 мм
Длина	L	La-b	60.0 м
Показатель текучести	C		130
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v	см. "Трубопровод"	0.478 м/сек
Потеря на трение	h _f	см. "Трубопровод"	0.084 м
Потеря формы	h _s	см. "Трубопровод"	0.024 м
Потеря насоса	h _p		3.000 м
Сумма	h	h _f +h _s +h _p =	3.108 м

Необходимый напор насоса 8.500 м
 Уровень воды на входе накопительного резервуара 358.692 м ...ОК

17. Уплотнитель - Иловая площадка

17.1 Параметры проектирования

17.1.1 Проектный расход

Необходимый расход ила		900 м ³ /сут
Продолжительность работы насоса		12 ч/сут
Расчетный расход ила на один раз	Qrd	1,800 м ³ /сут
	Qrs	0.0208 м ³ /сек

17.1.2 Расчетная отметка воды

Мин. уровень воды уплотнителя	350.50 м
Уровень воды иловой площадки	363.40 м

17.2 Расчет потери напора

17.2.1 Трубопровод

Примененные формулы : Хазен-Вильямс
 $h=10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	200 мм
Длина	L	La-b	60.0 м
Показатель текучести	C		130
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v		1.783 м/сек
Потеря на трение	h _f	См. "Трубопровод"	1.373 м
Потеря формы	h _s	См. "Трубопровод"	0.251 м
Потеря насоса	h _p		3.000 м
Сумма	h	h _f +h _s +h _p =	4.624 м
		примерно	4.62 м

Необходимый напор насоса 20.00 м
 Уровень воды на входе иловой площадки 365.88 м ...ОК

18. Иловая площадка - Накопительный резервуар

18.1 Параметры проектирования

18.1.1 Проектный расход

Общий расход 450 м³/сут
 Количество единиц 1 линия
 Расход единицы Qud= 450 м³/сут
 Qus= 0.0052 м³/сек

18.1.2 Расчетная отметка воды

Уровень воды иловой площадки 351.00 м
 Макс. уровень воды накопительного резервуара 350.50 м

18.2 Расчет потери напора

18.2.1 Трубопровод

A.5-27

Примененные формулы: Хазен-Вильямс

$$h = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	200 мм
Длина	L	La-b	60.0 м
Показатель текучести	C		130
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v	См. "Трубопровод"	0.166 м/сек
Потеря на трение	h _f	См. "Трубопровод"	0.012 м
Потеря формы	h _s	См. "Трубопровод"	0.001 м
Сумма	h	h _f +h _s =	0.013 м
		Примерно	0.01 м

Уровень воды на входе накопительного резервуара 350.99 м ...ОК

19. Накопительный резервуар - Колодец

19.1 Параметры проектирования

19.1.1 Расчетный расход

Общий расход 3,000 м³/сут
 Количество единиц 1 линия
 Расход единицы Qud= 3,000 м³/сут
 Qus= 0.0347 м³/сек

19.1.2 Расчетная отметка воды

Мин. уровень воды накопительного резервуара 347.50 м
 Уровень воды колодца 350.00 м

19.2 Расчеты потери напора

19.2.1 Трубопровод

Примененные формулы: Хазен-Вильямс

$$h = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

Наименование	Символ	Расчетное значение	
Кoeffициент			
Диаметр	D	Da-b	200 мм
Длина	L	La-b	25.0 м
Показатель текучести	C		110
Усиление силы тяжести	g		9.81 м/сек ²
Расчет			
Средняя скорость	v		1.100 м/сек
Потеря на трение	h _f		0.028 м
Потеря формы	h _s		0.000 м
Потеря насоса	h _p		3.000 м
Сумма	h	h _f +h _s +h _p =	3.028 м
		Примерно	3.03 м

Необходимый напор насоса 8.000 м
 Уровень воды на входе накопительного резервуара 352.47 м ...ОК

Потери напора на трубопроводе

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хаген-Вильямса
 $I=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

1. Распределительная камера - Приемный колодезь

1.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	105,000 м³/сут

1.2 Расчеты потерь напора

(1) Потери на трение

$C=130.00$
 $f=9.81 \text{ м/сек}^2$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубопровода D (мм)	Длина L (м)	Скорость потока v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	1.2153	105,000.0	φ 1,200	80.0	1.0746	0.7731	0.062	
Промежуточная сумма				80.0			0.062	
Трасса A-B								

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 1,200			1.2153	105,000.0	1.0746		
Вход	φ 1,200	1	0.250	1.2153	105,000.0	1.0746	0.015	
Изгиб 90°	φ 1,200	2	0.260	1.2153	105,000.0	1.0746	0.031	
11°/4	φ 1,200	2	0.026	1.2153	105,000.0	1.0746	0.003	
Распределитель φ1200	φ 1,200	1	0.060	1.2153	105,000.0	1.0746	0.004	
Задвижка Затвор	φ 1,200	1	0.300	1.2153	105,000.0	1.0746	0.018	полностью открыта
Выход	φ 1,200	1	1.000	1.2153	105,000.0	1.0746	0.059	
Сумма							0.130	
Промежуточная сумма							0.130	
Трасса A-B							0.130	
Итого Потери на трение + Потери формы							0.192	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хаген-Вильямса
 $I=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

55

2. Входящий трубопровод (скорый песчаный фильтр)

2.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	10,500 м³/сут

2.2 Расчеты потерь напора

(1) Потери на трение

$C=130$
 $f=9.81 \text{ м/сек}^2$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	0.1215	10,500.0	φ 500	4.0	0.6188	0.7757	0.003	
Промежуточная сумма				4.0			0.003	
Трасса A-B								

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 500			0.1215	10,500.0	0.6188		
Вход	φ 500	1	0.500	0.1215	10,500.0	0.6189	0.010	
Изгиб 90°	φ 500	1	0.260	0.1215	10,500.0	0.6189	0.005	
Выход	φ 500	1	1.000	0.1215	10,500.0	0.6189	0.020	
Сумма							0.035	
Промежуточная сумма							0.035	
Трасса A-B							0.035	
Итого Потери на трение + Потери формы							0.038	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хаген-Вильямса
 $I=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

3. Камера хлорирования - Распределительный резервуар

3.1 Расчетный расход

Участок	Расход
А-В	105.000.0 м ³ /сут

3.2 Расчеты потерь напора

(1) Потери на трение

$$C = 130$$

$$g = 9.81 \text{ м/сек}^2$$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)						
А - В	1.2153	105.000.0	φ 1,200	25.0	1.0746	0.7731	0.019	
Промежуточная сумма								
Трасса А-В				25.0			0.019	

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)			
А-В	φ 1,200			1.2153	105.000.0	1.0746		
Вход	φ 1,200	1	0.250	1.2153	105.000.0	1.0746	0.015	
Задвижка Затвор	φ 1,200	1	0.300	1.2153	105.000.0	1.0746	0.018	полностью открыта
Выход	φ 1,200	1	1.000	1.2153	105.000.0	1.0746	0.059	
Сумма							0.092	

Потери напора на трубопроводе

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хазен-Вильямса
 $f = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

57

4. Отстойник - Уплотнитель

4.1 Расчетный расход

Участок	Расход
А-В	6.601.0 м ³ /сут

4.2 Расчеты потерь напора

(1) Потери на трение

$$C = 130$$

$$g = 9.81 \text{ м/сек}^2$$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)						
А - В	0.0764	6.601.0	φ 150	140.0	4.3234	115.7083	16.199	
Промежуточная сумма								
Трасса А-В				140.0			16.199	

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)			
А-В	φ 150			0.0764	6.601.0	4.3234		
Вход	φ 150	1	0.250	0.0764	6.601.0	4.3234	0.238	
Изгиб 90°	φ 150	4	0.260	0.0764	6.601.0	4.3234	0.991	
Задвижка Затвор	φ 150	3	1.000	0.0764	6.601.0	4.3234	2.858	полностью открыта
Выход	φ 150	1	1.000	0.0764	6.601.0	4.3234	0.953	
Сумма							5.040	
Промежуточная сумма								
Трасса А-В							5.040	
Итого Потери на трение + Потери формы							21.239	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хазен-Вильямса
 $f = 10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

5. Отстойник - Промывной дренажный бассейн

5.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	63,141 м³/сут

5.2 Расчеты потери напора

(1) Потери на трение

$$C = 130$$

$$F = 9.81 \text{ м/сек}^2$$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент J (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	0.7308	63,141.0	φ 1,000	30.0	0.9305	0.7332	0.022	
Промежуточная сумма Трасса A-B				30.0			0.022	

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение Γ	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 1,000			0.7308	63,141.0	0.9305		
Вход	φ 1,000	1	0.250	0.7308	63,141.0	0.9305	0.011	
Изгиб 90°	φ 1,000	2	0.260	0.7308	63,141.0	0.9305	0.023	
Задвижка Затвор	φ 1,000	1	0.300	0.7308	63,141.0	0.9305	0.013	полностью открыта
Выход	φ 1,000	1	1.000	0.7308	63,141.0	0.9305	0.044	
Сумма							0.091	
Промежуточная сумма Трасса A-B							0.091	
Итого Потери на трение + Потери формы							0.113	

Потери напора на трубопроводе

Применяемые формулы $h = \lambda \cdot L$ формула Хазен-Вильямса
 $\lambda = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.7} \cdot Q^{1.85}$

59

6. Скорый песчаный фильтр - Промывной дренажный бассейн

6.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	63,141 м³/сут

6.2 Расчеты потери напора

(1) Потери на трение

$$C = 130$$

$$F = 9.81 \text{ м/сек}^2$$

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент J (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	0.7308	63,141.0	φ 1,000	30.0	0.9305	0.7332	0.022	
Промежуточная сумма Трасса A-B				30.0			0.022	

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение Γ	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 1,000			0.7308	63,141.0	0.9305		
Вход	φ 1,000	1	0.250	0.7308	63,141.0	0.9305	0.011	
Изгиб 90°	φ 1,000	1	0.260	0.7308	63,141.0	0.9305	0.011	
Выход	φ 1,000	1	1.000	0.7308	63,141.0	0.9305	0.044	
Сумма							0.066	
Промежуточная сумма Трасса A-B							0.066	
Итого Потери на трение + Потери формы							0.088	

Потери напора на трубопроводе

Применяемые формулы $h = \lambda \cdot L$ формула Хазен-Вильямса
 $\lambda = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.7} \cdot Q^{1.85}$

60

7. Промывной дренажный бассейн - Распределительная камера

7.1 Расчетный расход

Участок	Расход
А-В	30,240.0 м ³ /сут

7.2 Расчеты потери напора

(1) Потеря на трение $C=130$ $g=9.81$ м/сек²

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)						
А								
А - В	0.3500	30,240.0	φ 500	250.0	1.7825	5.4922	1.373	
В								
Промежуточная сумма				250.0			1.373	
Трасса А-В							1.373	

(2) Потеря формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)			
А-В	φ 500			0.3500	30,240.0	1.7825		
Вход	φ 500	1	0.250	0.3500	30,240.0	1.7825	0.040	
Задвижка Затвор	φ 500	1	0.300	0.3500	30,240.0	1.7825	0.049	полностью открыта
Выход	φ 500	1	1.000	0.3500	30,240.0	1.7825	0.162	
Сумма							0.251	
Промежуточная сумма								
Трасса А-В							0.251	
Итого Потеря на трение + Потеря формы							1.624	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хаген-Вильямса
 $f=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

61

8. Уплотнитель - Иловая площадка

8.1 Расчетный расход

Участок	Расход
А-В	1,800.0 м ³ /сут

8.2 Расчеты потери напора

(1) Потеря на трение $C=130$ $g=9.81$ м/сек²

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)						
А								
А - В	0.0208	1,800.0	φ 200	60.0	0.6621	2.5681	0.154	
В								
Промежуточная сумма				60.0			0.154	
Трасса А-В							0.154	

(2) Потеря формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)			
А-В	φ 200			0.0208	1,800.0	0.6621		
Вход	φ 200	1	0.250	0.0208	1,800.0	0.6621	0.006	
Изгиб 90°	φ 200	4	0.260	0.0208	1,800.0	0.6621	0.023	
Задвижка Затвор	φ 200	3	1.000	0.0208	1,800.0	0.6621	0.067	полностью открыта
Выход	φ 200	1	1.000	0.0208	1,800.0	0.6621	0.022	
Сумма							0.118	
Промежуточная сумма								
Трасса А-В							0.118	
Итого Потеря на трение + Потеря формы							0.272	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хаген-Вильямса
 $f=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$

9. Уплотнитель - Накопительный резервуар

9.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	1,300 м³/сут

9.2 Расчеты потери напора

(1) Потеря на трение

$C=130$ $g=9.81$ м/сек²

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (‰)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	0.0150	1,300.0	φ 200	60.0	0.4775	1.4027	0.084	
Промежуточная сумма				60.0			0.084	
Трасса A-B							0.084	

(2) Потеря формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 200			0.0150	1,300.0	0.4775		
Вход	φ 200	1	0.250	0.0150	1,300.0	0.4775	0.003	
Изгиб 90°	φ 200	2	0.260	0.0150	1,300.0	0.4775	0.006	
Задвижка Затвор	φ 200	1	0.300	0.0150	1,300.0	0.4775	0.003	полностью открыта
Выход	φ 200	1	1.000	0.0150	1,300.0	0.4775	0.012	
Сумма							0.024	
Промежуточная сумма								
Трасса A-B							0.024	
Итого Потеря на трение + Потеря формы							0.108	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хазен-Вильямса
 $f=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.75} \times Q^{1.85}$

63

10. Иловая площадка - Накопительный резервуар

10.1 Расчетный расход

Участок	Расход
A-B	450 м³/сут

10.2 Расчеты потери напора

(1) Потеря на трение

$C=130$ $g=9.81$ м/сек²

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (‰)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м³/сек)	Q (м³/сут)						
A - B	0.0052	450.0	φ 200	60.0	0.1655	0.1976	0.012	
Промежуточная сумма				60.0			0.012	
Трасса A-B							0.012	

(2) Потеря формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м³/сек)	Q (м³/сут)			
A-B	φ 200			0.0052	450.0	0.1655		
Вход	φ 200	1	0.250	0.0052	450.0	0.1655	0.000	
Изгиб 90°	φ 200	1	0.260	0.0052	450.0	0.1655	0.000	
Задвижка Затвор	φ 200	1	0.300	0.0052	450.0	0.1655	0.000	полностью открыта
Выход	φ 200	1	1.000	0.0052	450.0	0.1655	0.001	
Сумма							0.001	
Промежуточная сумма								
Трасса A-B							0.001	
Итого Потеря на трение + Потеря формы							0.013	

Примененные формулы $h=f \times L$ формула Хазен-Вильямса
 $f=10.666 \times C^{1.85} \times D^{-4.75} \times Q^{1.85}$

64

11. Накопительный резервуар - Колодец

11.1 Расчетный расход

Участок	Расход
А-В	1,290 м ³ /сут

11.2 Расчеты потерь напора

(1) Потери на трение $C=130$ $g=9.81$ м/сек²

Граница / Участок	Расход		Диаметр трубы D (мм)	Длина L (м)	Скорость v (м/сек)	Гидравлический градиент I (%)	Потери напора h (м)	Комментарии
	Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)						
А	0.0149	1,290.0	φ 200	60.0	0.4743	1.3854	0.083	
В								
Промежуточная сумма Трасса А-В				60.0			0.083	

(2) Потери формы

Наименование	Диаметр D (мм)	Кол-во N (-)	Трение f	Производительность Q		Скорость v (м/сек)	Потери напора h (м)	Комментарии
				Q (м ³ /сек)	Q (м ³ /сут)			
А-В	φ 200			0.0149	1,290.0	0.4743		
Вход	φ 200	1	0.250	0.0149	1,290.0	0.4743	0.003	
Изгиб 90°	φ 200	1	0.260	0.0149	1,290.0	0.4743	0.003	
Выход	φ 200	1	1.000	0.0149	1,290.0	0.4743	0.011	
Сумма							0.017	
Промежуточная сумма Трасса А-В							0.017	
Итого Потери на трение + Потери формы							0.100	

65

В. Потери напора на открытом канале

Применяемые формулы: $h=L \cdot v^2 / (C^2 R)$: формула Маннинга

$C^2 R^{1/3} / m^1$

h : потеря напора

L : длина канала

v : скорость

W : ширина канала

n : коэффициент шероховатости

(1) Когуляционная камера - Флокуляционная камера

Участок	Q (м ³ /сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м ²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C ²	h (м)
А-В	0.6075	5.90	2.00	4.35	8.70	10.70	0.8131	0.0698	0.015	4,148.26	0.000
В-С	0.4050	9.60	2.00	4.35	8.70	10.70	0.8131	0.0466	0.015	4,148.26	0.000
С-Д	0.2025	9.60	2.00	4.35	8.70	10.70	0.8131	0.0233	0.015	4,148.26	0.000
Сумма											0.000

(2) Распределительный канал скорото песчаного фильтра

Участок	Q (м ³ /сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м ²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C ²	h (м)
А-В	1.2153	18.40	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.3574	0.015	3,809.25	0.000
В-С	0.6077	9.75	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.1787	0.015	3,809.25	0.000
С-Д	0.5064	9.60	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.1489	0.015	3,809.25	0.000
Д-Е	0.4051	8.15	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.1191	0.015	3,809.25	0.000
Е-Ф	0.3038	8.15	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.0894	0.015	3,809.25	0.000
Ф-Г	0.2026	8.15	2.00	1.70	3.40	2.00	0.0000	#DIV/0!	0.015	0.00	#DIV/0!
Г-Н	0.1013	8.15	2.00	1.70	3.40	5.40	0.6296	0.0298	0.015	3,809.25	0.000
Сумма											0.000

A.5-33

(3) Сифон на входе скорото песчаного фильтра

Участок	Q (м ³ /сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м ²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C ²	h (м)
А-В	0.1215	4.22	0.65	0.30	0.20	1.90	0.1053	0.6075	0.015	2,098.75	0.000
Сумма											0.000

66

В. Потери напора на открытом канале

Примененные формулы : $h=L \cdot v^2 / (C^2 R)$: формула Маннинга

$$C^2 = R^{1/3} n^2$$

h : потеря напора

L : длина канала

v : скорость

W : ширина канала

n : коэффициент шероховатости

(4) Канал выхода отфильтрованной воды

Участок	Q (м³/сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C²	h (м)
A-B	0.2315	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.0225	0.015	4,222.43	0.000
B-C	0.463	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.0450	0.015	4,222.43	0.000
C-D	0.6944	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.0675	0.015	4,222.43	0.000
D-E	0.8102	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.0787	0.015	4,222.43	0.000
E-F	1.0417	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.1012	0.015	4,222.43	0.000
F-G	1.2731	10.00	-	-	10.29	12.00	0.8575	0.1237	0.015	4,222.43	0.000
Сумма											0.000

(5) Контактный канал камеры хлорирования

Участок	Q (м³/сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C²	h (м)
A-B	1.1574	31.80	2.45	2.90	7.10	10.70	0.6636	0.1630	0.015	3,876.62	0.000
Сумма											0.000

(6) Выходящий канал обратной промывки

Участок	Q (м³/сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C²	h (м)
A-B	0.7308	13.55	0.75	0.90	0.68	3.30	0.2061	1.0747	0.015	2,625.29	0.001
Сумма											0.001

(7) Дренажный канал обратной промывки

Участок	Q (м³/сек)	L (м)	W (м)	H (м)	A (м²)	S (м)	R (м)	v (м/сек)	n	C²	h (м)
A-B	0.731	18.40	2.80	1.50	4.19	5.79	0.7237	0.1744	0.015	3,990.28	0.000
B-C	0.731	10.00	2.00	1.50	2.99	4.99	0.5992	0.2444	0.015	3,746.92	0.000
Сумма											0.000

Заглушенный прямоугольный водослив формула Ишихары-Иды

$$Q = C \times B \times h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + (0.00295/h + 0.237 \times h/W) \times (1 + \epsilon)$$

$$\epsilon : \epsilon = 0 (W \leq 1.0 \text{ м})$$

$$\epsilon = 0.55 \times (W - 1.0) (W > 1.0 \text{ м})$$

W : Ширина водослива

H : Высота от основания до верха водослива

h : Глубина водослива

Распределительная камера $Q = 105,000 \text{ м}^3/\text{сут}$

Вход

Расчетный расход Qd м³/сек	Ширина водослива W м	Высота водослива H м	Глубина пельвиной в олы h м	Коэффициент коррекции ϵ	Показатель текучести C	Расчетный расход Qc м³/сек	Уравнение Qc-Qd м³/сек
1.2153	3.00	7.00	0.3600	3.3000	1.87265	1.2135	-0.0018
1.2153	3.00	7.00	0.3601	3.3000	1.87265	1.2140	-0.0013
1.2153	3.00	7.00	0.3602	3.3000	1.87266	1.2145	-0.0008
1.2153	3.00	7.00	0.3603	3.3000	1.87266	1.2150	-0.0003
1.2153	3.00	7.00	0.3604	3.3000	1.87267	1.2155	0.0002
1.2153	3.00	7.00	0.3605	3.3000	1.87267	1.2160	0.0007
1.2153	3.00	7.00	0.3606	3.3000	1.87268	1.2165	0.0013
1.2153	3.00	7.00	0.3607	3.3000	1.87268	1.2170	0.0018
1.2153	3.00	7.00	0.3608	3.3000	1.87269	1.2175	0.0023
1.2153	3.00	7.00	0.3609	3.3000	1.87269	1.2181	0.0028

Коагуляционная камера $Q = 52,500 \text{ м}^3/\text{сут}$

Вход

Расчетный расход Qd м³/сек	Ширина водослива W м	Высота водослива H м	Глубина пельвиной в олы h м	ϵ	Показатель текучести C	Расчетный расход Qc м³/сек	Уравнение Qc-Qd м³/сек
0.6076	4.20	5.30	0.1810	2.3650	1.86708	0.6039	-0.0038
0.6076	4.20	5.30	0.1811	2.3650	1.86706	0.6043	-0.0033
0.6076	4.20	5.30	0.1812	2.3650	1.86705	0.6048	-0.0028
0.6076	4.20	5.30	0.1813	2.3650	1.86703	0.6053	-0.0023
0.6076	4.20	5.30	0.1814	2.3650	1.86702	0.6058	-0.0018
0.6076	4.20	5.30	0.1815	2.3650	1.86700	0.6063	-0.0013
0.6076	4.20	5.30	0.1816	2.3650	1.86699	0.6068	-0.0008
0.6076	4.20	5.30	0.1817	2.3650	1.86697	0.6073	-0.0003
0.6076	4.20	5.30	0.1818	2.3650	1.86696	0.6078	0.0002
0.6076	4.20	5.30	0.1819	2.3650	1.86694	0.6083	0.0007

Заглушенный прямоугольный водослив формула Ишихары-Иды

$$Q=C \times B \times h^{3/2}$$

$$C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/W) \times (1+\epsilon)$$

$\epsilon : \epsilon=0 (W < 1.0 \text{ м})$
 $\epsilon=0.55 \times (W-1.0) (W > 1.0 \text{ м})$

W : Ширина водослива
 H : Высота от основания до верха водослива
 h : Глубина водослива

Водослив на входе скорого п Q= 10,500 м³/сут

Вход

Расчетный расход Qd м ³ /сек	Ширина водослива a W м	Высота в одослива H м	Глубина п ереливной в олы h м	Кoeffицие нт коррект иповки ε	Показател ь течуцест и C	Расчитанн ый расход Qc м ³ /сек	Уравниени е Qc-Qd м ³ /сек
0.1215	1.50	1.50	0.1240	0.2750	1.84031	0.1205	-0.0010
0.1215	1.50	1.50	0.1241	0.2750	1.84031	0.1207	-0.0008
0.1215	1.50	1.50	0.1242	0.2750	1.84030	0.1208	-0.0007
0.1215	1.50	1.50	0.1243	0.2750	1.84030	0.1210	-0.0006
0.1215	1.50	1.50	0.1244	0.2750	1.84030	0.1211	-0.0004
0.1215	1.50	1.50	0.1245	0.2750	1.84029	0.1213	-0.0003
0.1215	1.50	1.50	0.1246	0.2750	1.84029	0.1214	-0.0001
0.1215	1.50	1.50	0.1247	0.2750	1.84028	0.1216	0.0000
0.1215	1.50	1.50	0.1248	0.2750	1.84028	0.1217	0.0002
0.1215	1.50	1.50	0.1249	0.2750	1.84028	0.1218	0.0003

A.5-35

Водослив на выходе скорого Q= 0.1157 м³/сек/водослив

Вход

Расчетный расход Qd м ³ /сек	Ширина водослива a W м	Высота в одослива H м	Глубина п ереливной в олы h м	Кoeffицие нт коррект иповки ε	Показател ь течуцест и C	Расчитанн ый расход Qc м ³ /сек	Уравниени е Qc-Qd м ³ /сек
0.1157	1.50	3.10	0.1435	1.1550	1.85294	0.1511	0.0354
0.1157	1.50	3.10	0.1436	1.1550	1.85293	0.1512	0.0355
0.1157	1.50	3.10	0.1437	1.1550	1.85291	0.1514	0.0357
0.1157	1.50	3.10	0.1438	1.1550	1.85290	0.1516	0.0359
0.1157	1.50	3.10	0.1439	1.1550	1.85289	0.1517	0.0360
0.1157	1.50	3.10	0.1440	1.1550	1.85287	0.1519	0.0362
0.1157	1.50	3.10	0.1441	1.1550	1.85286	0.1520	0.0363
0.1157	1.50	3.10	0.1442	1.1550	1.85284	0.1522	0.0365
0.1157	1.50	3.10	0.1443	1.1550	1.85283	0.1523	0.0366
0.1157	1.50	3.10	0.1444	1.1550	1.85282	0.1525	0.0368

Заглушенный прямоугольный водослив формула Ишихары-Иды

$$Q=C \times B \times h^{3/2}$$

$$C=1.785+(0.00295/h+0.237 \times h/W) \times (1+\epsilon)$$

$\epsilon : \epsilon=0 (W < 1.0 \text{ м})$
 $\epsilon=0.55 \times (W-1.0) (W > 1.0 \text{ м})$

W : Ширина водослива
 H : Высота от основания до верха водослива
 h : Глубина водослива

Выходящий лоток обратной Q= 0.0365 м³/сек/сторона

Вход

Расчетный расход Qd м ³ /сек	Ширина водослива a W м	Высота в одослива H м	Глубина п ереливной в олы h м	Кoeffицие нт коррект иповки ε	Показател ь течуцест и C	Расчитанн ый расход Qc м ³ /сек	Уравниени е Qc-Qd м ³ /сек
0.0365	6.05	0.80	0.0210	0.0000	1.93170	0.0356	-0.0009
0.0365	6.05	0.80	0.0211	0.0000	1.93106	0.0358	-0.0007
0.0365	6.05	0.80	0.0212	0.0000	1.93043	0.0361	-0.0004
0.0365	6.05	0.80	0.0213	0.0000	1.92981	0.0363	-0.0002
0.0365	6.05	0.80	0.0214	0.0000	1.92919	0.0365	0.0000
0.0365	6.05	0.80	0.0215	0.0000	1.92858	0.0368	0.0003
0.0365	6.05	0.80	0.0216	0.0000	1.92797	0.0370	0.0005
0.0365	6.05	0.80	0.0217	0.0000	1.92737	0.0373	0.0008
0.0365	6.05	0.80	0.0218	0.0000	1.92678	0.0375	0.0010
0.0365	6.05	0.80	0.0219	0.0000	1.92619	0.0378	0.0013

Дренажный канал обратной Q= 0.7308 м³/сек

Вход

Расчетный расход Qd м ³ /сек	Ширина водослива a W м	Высота в одослива H м	Глубина п ереливной в олы h м	Кoeffицие нт коррект иповки ε	Показател ь течуцест и C	Расчитанн ый расход Qc м ³ /сек	Уравниени е Qc-Qd м ³ /сек
0.7308	2.00	1.20	0.3365	0.1100	1.86850	0.7295	-0.0013
0.7308	2.00	1.20	0.3366	0.1100	1.86852	0.7298	-0.0010
0.7308	2.00	1.20	0.3367	0.1100	1.86854	0.7301	-0.0007
0.7308	2.00	1.20	0.3368	0.1100	1.86856	0.7305	-0.0003
0.7308	2.00	1.20	0.3369	0.1100	1.86858	0.7308	0.0000
0.7308	2.00	1.20	0.3370	0.1100	1.86860	0.7311	0.0003
0.7308	2.00	1.20	0.3371	0.1100	1.86861	0.7315	0.0007
0.7308	2.00	1.20	0.3372	0.1100	1.86863	0.7318	0.0010
0.7308	2.00	1.20	0.3373	0.1100	1.86865	0.7321	0.0013
0.7308	2.00	1.20	0.3374	0.1100	1.86867	0.7325	0.0017

Приложение А-6

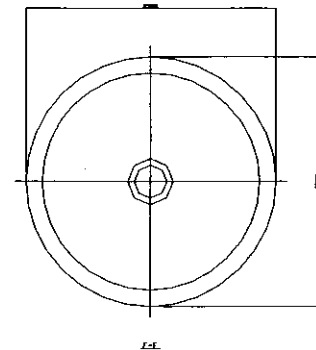
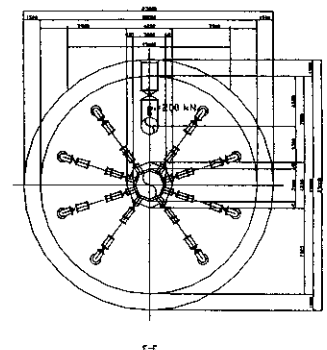
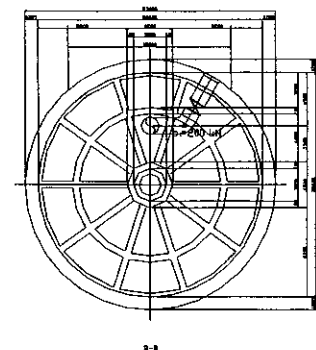
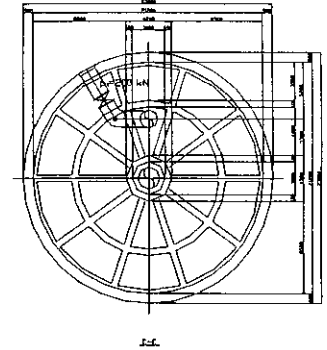
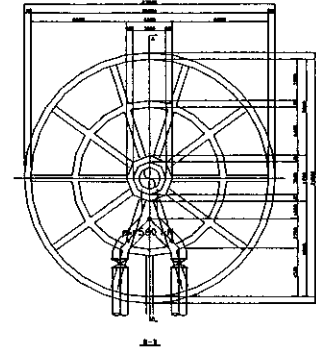
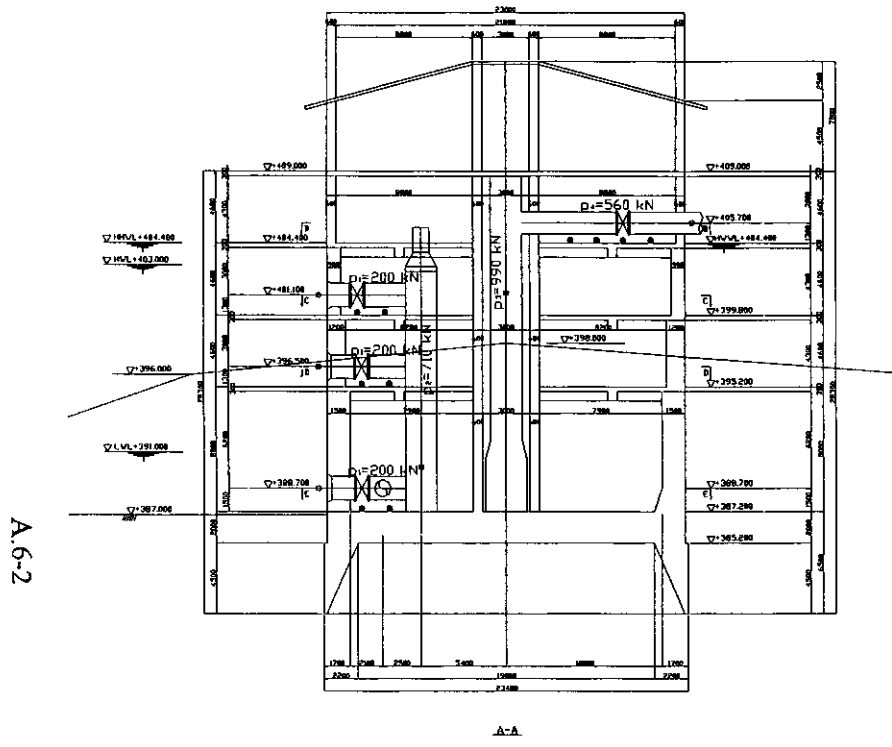
Конструктивные расчеты по водозаборной башне

ОГЛАВЛЕНИЕ

	СТР
§ 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ	А.6-2
1.1 ЭСКИЗЫ КОНСТРУКЦИИ	А.6-3
1.2 УСЛОВИЯ ПОЧВЫ	А.6-3
1.3 УСЛОВИЯ НАГРУЗКИ	А.6-3
1.4 МАТЕРИАЛЫ	А.6-3
§ 2. ПРОЕКТ УЧАСТКОВ ОСНОВНОГО КАРКАСА	А.6-3
2.1 УЧАСТОК I - $t=600, t=900 (+409.00\sim+399.80)$	А.6-3
2.2 УЧАСТОК II - $t=1,200 (+399.80\sim+395.20)$	А.6-4
2.3 УЧАСТОК III - $t=1,500 (+395.20\sim)$	А.6-7
§ 3. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА	А.6-10
§ 4. РАСЧЕТ БАЛОК И ПЛИТ	А.6-14
4.1 РАСЧЕТ БАЛОК	А.6-14
4.2 РАСЧЕТ ПЛИТ	А.6-17
§ 5. РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯДРА	А.6-19
§ 6. РАСЧЕТ РЕЖУЩЕГО КРАЯ	А.6-20
§ 7. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ	А.6-21
7.1 УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАВУЧЕСТИ	А.6-21
7.2 УСТОЙЧИВОСТЬ ОПРОКИДЫВАНИЯ	А.6-23
7.3 УСТОЙЧИВОСТЬ СКОЛЬЖЕНИЯ	А.6-25

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

1.1 ЭСКИЗЫ КОНСТРУКЦИИ



1.2 УСЛОВИЯ ПОЧВЫ

Супесь (Из ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПО ТЕРРИТОРИИ
ВЯЧЕСЛАВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Коэффициент давления грунта в покое: $K_0 = 0.50$

Единичная масса : $\gamma = 20.0 \text{ КН/м}^3$ (влажное состояние)

$\gamma' = 11.0 \text{ КН/м}^3$ (в воде)

Угол внутреннего трения : $\varphi = 5^\circ$

Сцепление : $c = 30.0 \text{ КН/м}^2$

1.3 УСЛОВИЯ НАГРУЗКИ

(1) Единичная масса

Железобетон : $\gamma_c = 24.0 \text{ КН/м}^3$

Бетон : $\gamma_c' = 23.0 \text{ КН/м}^3$

Вода : $\gamma_w = 10.0 \text{ КН/м}^3$

(2) Постоянная нагрузка

Надземная часть : $w_a = 2,200 \text{ КН}$

Трубопровод (с водой) : $p_1 = 200.0 \text{ КН}$ (труба всасывания); Количество опор = 2

: $p_2 = 710.0 \text{ КН}$ (всасывающий коллектор)

: $p_3 = 990.0 \text{ КН}$ (основной)

: $p_4 = 560.0 \text{ КН}$ (выходящий); Количество опор = 7

Мост : $p_5 = 2,144 \text{ КН}$

(3) Временная нагрузка

Люди и прочее (ВФ) : $w_1 = 5.0 \text{ КН/м}^2$

Транспорт (1 F) : $P = 200 \text{ КН}$

1.4 МАТЕРИАЛЫ

(1) Бетон ($\sigma_{ck} = 30 \text{ Н/мм}^2$)

Расчетная прочность на сжатие : $\sigma'_{cd} = 23.1 \text{ Н/мм}^2$

Модуль эластичности : $E_c = 2.8 \times 10^4 \text{ Н/мм}^2$

Коэффициент Пуассона : $\nu = \frac{1}{6} = 0.1667$

(2) Арматура (Класс 365)

Модуль эластичности : $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ Н/мм}^2$

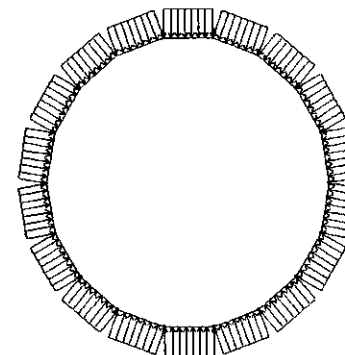
2. ПРОЕКТ УЧАСТКОВ ДЛЯ ОСНОВНОГО КАРКАСА

2.1 УЧАСТОК I - $t = 600, t = 900 (+409.00 - +399.80)$

Проект для максимальной отметки воды (404.4м) на отметке +399.80 м.

(1) Давление воды

$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times (404.40 - 399.80) = 42.0 \text{ КН/м}$$



(2) Главный вектор напряжений

$$N = p_w r = 42.0 \times 24.00 = 1,008.0 \text{ КН/м}$$

(3) Пропорциональность участка

$$N'_{oud} = 0.85 \sigma'_{cd} A_c / \gamma_b$$

Where: N'_{oud} : Осевая прочность на сжатие (N)

σ'_{cd} : Расчетная прочность на сжатие ($= 23.1 \text{ Н/мм}^2$)

A_c : Площадь поперечного сечения бетона (мм^2)

γ_b : Коэффициент элемента (1.3)

Из вышеуказанного:

$$N'_{oud} = 0.85 \times 23.1 \times (1,000 \times 900) / 1.3$$

$$= 13,593,461.5 \text{ Н/м}$$

$$= 13,593.5 \text{ КН/м} > N = 1,008.0 \text{ КН/м}$$

Следовательно, необходимо брать арматуру по минимальным требованиям.

- (3) Минимальные требования к арматуре
Согласно осевой нагрузки, 0.8% площади поперечного сечения бетона.

- (4) На основании «Пропорциональности участка», необходимая площадь поперечного сечения бетона $A_{сreq}$ равна:

$$A_{сreq} = \frac{N_{Gb}}{0.85f_{cd}} = \frac{(1,008.0 \times 10^3) \times 1.3}{0.85 \times 23.1} = 66,738.0 \text{ мм}^2 = 667.4 \text{ см}^2$$

Следовательно, минимальные требования к арматуре A_{sreq} :

$$A_{sreq} = A_{сreq} \times 0.8\% = 5.34 \text{ см}^2 / \text{м}$$

- (5) Принято

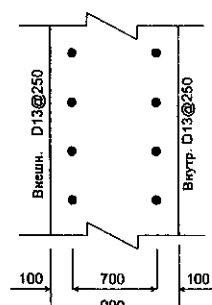
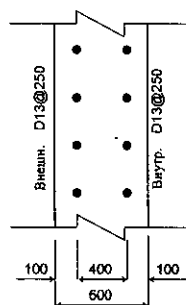
Внешняя 4 - D13@250 $A_s = 5.068 \text{ см}^2 / \text{м}$

Внутренняя 4 - D13@250 $A_s = 5.068 \text{ см}^2 / \text{м}$

Итого $A_s = 10.136 \text{ см}^2 / \text{м} > A_{sreq} = 5.34 \text{ см}^2 / \text{м}$ ОК

$$t = 600(+409.0 - +404.4)$$

$$t = 900(+404.4 - +399.8)$$



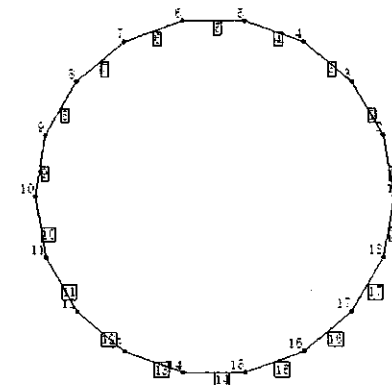
2.2 УЧАСТОК II - t = 1,200 (+399.80 - +395.20)

- (1) Элемент

- Материал : железобетон ($\gamma_{ck} = 30 \text{ Н/мм}^2$)
- Модуль эластичности : $E_c = 2.8 \times 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ КН/м}^2$
- Параметры Участка (на м)
 - Толщина : $t = 1.20 \text{ м}$
 - Площадь поперечного сечения : $A = 1.20 \text{ м}^2 / \text{м}$
 - Момент второго порядка : $I = 0.1440 \text{ м}^4 / \text{м}$

- (2) Модель конструкции

- Конструкция



- Данные по узлу фермы

Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)	Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)
1	10.9000	0.0000	10	-10.9000	0.0000
2	10.2426	3.7280	11	-10.2426	-3.7280
3	8.3499	7.0064	12	-8.3499	-7.0064
4	5.4500	9.4397	13	-5.4500	-9.4397
5	1.8928	10.7344	14	-1.8928	-10.7344
6	-1.8928	10.7344	15	1.8928	-10.7344
7	-5.4500	9.4397	16	5.4500	-9.4397
8	-8.3499	7.0064	17	8.3499	-7.0064
9	-10.2426	3.7280	18	10.2426	-3.7280

Данные по элементу

Элемент	Номер узла фермы		Параллельное соединение		Перпендикулярное соединение	
	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j
1	1	2	0	0	0	0
2	2	3	0	0	0	0
3	3	4	0	0	0	0
4	4	5	0	0	0	0
5	5	6	0	0	0	0
6	6	7	0	0	0	0
7	7	8	0	0	0	0
8	8	9	0	0	0	0
9	9	10	0	0	0	0
10	10	11	0	0	0	0
11	11	12	0	0	0	0
12	12	13	0	0	0	0
13	13	14	0	0	0	0
14	14	15	0	0	0	0
15	15	16	0	0	0	0
16	16	17	0	0	0	0
17	17	18	0	0	0	0
18	18	1	0	0	0	0

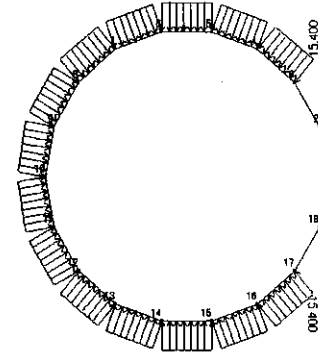
параллельное / перпендикулярное соединение: **[0]** неподвижное соединение
[1] шарнирное соединение

(3) Нагрузка

Давление грунта на уровне +395.20 м и давление воды на макс. уровне воды

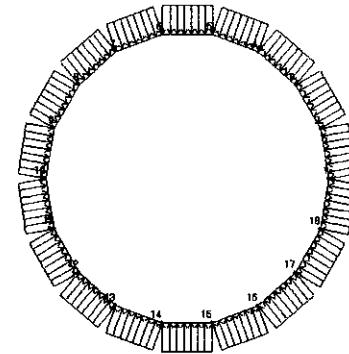
Давление грунта

$$p = K_0 \gamma' h = 0.50 \times 11.0 \times (398.00 - 395.20) = 15.4 \text{ КН/м}$$



Давление воды

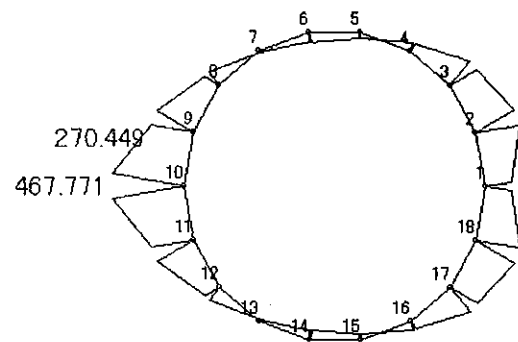
$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times (404.40 - 395.20) = 92.0 \text{ КН/м}$$



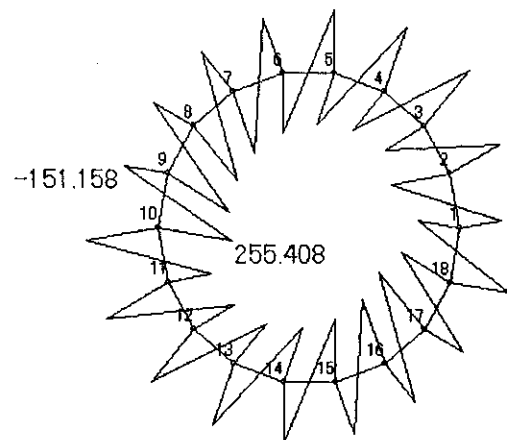
(4) Главный вектор напряжений

Согласно 8. ВВОД И ВЫВОД КОМПЬЮТЕРА 8.1 'УЧАСТОК II'

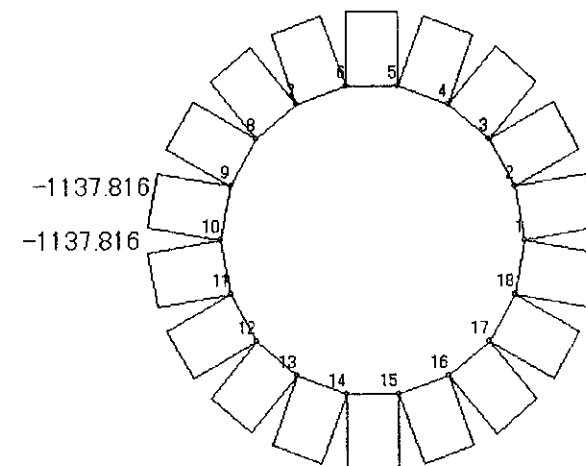
- Эпюра изгибающих моментов



- Эпюра поперечных сил



- Эпюра продольных сил

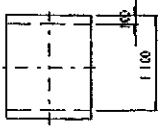


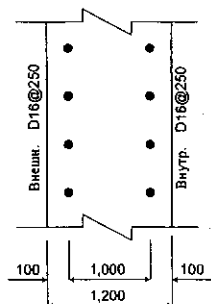
- Главный вектор расчетных напряжений

Номер узла фермы	M_{\max} (кН·м)	N_{\max} (кН)	Номер узла фермы	S_{\max} (кН)
10	467.8	1,137.8	10	255.4

А.6-6

(5) Расчет участка

Участок		Стена - 395.2				
		Тип	Расположение (м)	Диам (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.100	16	4.000	7.944
		D1	1.100	16	4.000	7.944
		Общая площадь армирования Σ 15.888				
		«Тип» D: Армированный стержень l: Глубина бетона				
Ширина балки bw(м)	1.0000					
Высота балки h (м)	1.2000					
Предел · Изгиб.		Предел · Изгиб.				
Изгибающий момент Md(КН·м)	467.80	Изгиб. напряжение Mud(КН·м)	3042.40			
Осевое усилие N'd(КН)	1137.80	Осевое напряжение N'ud(КН)	7399.84			
		N'oud(КН)		18552.60		
		γi		1.150		
		γi · Md / Mud		0.177	< 1.0 ОК	
Предел · Сдвиг		Предел · Сдвиг				
Прочность на сдвиг Vd(kN)	255.40	Касательн. напряжение Vsd(КН)	1230.88			
Ширина bw(см)	100.00	Расчетное напряжение Vyd(КН)	1230.88			
Фактическая высота d(см)	110.00	Fwcd (Н/мм2)	6.00			
Отрицательный момент Mo(КН·м)		γi		1.15		
Изгибающий момент Md(КН·м)	467.80	γi Vd / Vyd		0.239	< 1.0 ОК	
Предел пригодности Изгиб.		Предел пригодности Изгиб.				
Изгиб. момент (КН·м)		Ширина трещины (мм)				
(постоянный) Mpd	467.80	(расчетная) w1	0.154			
(переменный) Mtd	0.00	(постоянная) w2	0.154			
Осевое усилие (КН)		Допустимая ширина трещины wa		0.350		
(постоянное) N'pd	1137.80	w1 / wa	0.440	< 1.0 ОК		
(переменное) N'rd	0.00	w2 / wa	0.440	< 1.0 ОК		



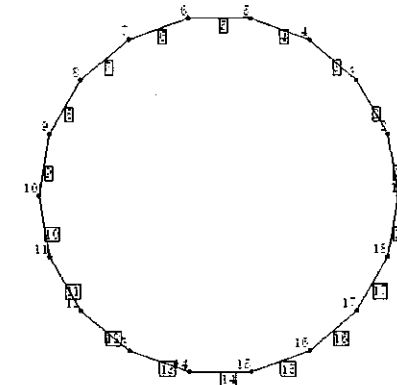
3.3 УЧАСТОК III - t= 1,500 (+395.20 -)

(1) Элемент

- Материал : железобетон ($\gamma_{ck} = 30 \text{ Н/мм}^2$)
- Модуль эластичности : $E_c = 2.8 \times 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ КН/м}^2$
- Параметры Участка (на м)
 - Толщина : t = 1.50 м
 - Площадь поперечного сечения : A = 1.50 м² / м
 - Момент второго порядка : I = 0.2813 м⁴ / м

(2) Модель конструкции

- Конструкция



- Данные по узлу фермы

Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)	Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)
1	10.7500	0.0000	10	-10.7500	0.0000
2	10.1017	3.6767	11	-10.1017	-3.6767
3	8.2350	6.9100	12	-8.2350	-6.9100
4	5.3750	9.3098	13	-5.3750	-9.3098
5	1.8667	10.5867	14	-1.8667	-10.5867
6	-1.8667	10.5867	15	1.8667	-10.5867
7	-5.3750	9.3098	16	5.3750	-9.3098
8	-8.2350	6.9100	17	8.2350	-6.9100
9	-10.1017	3.6767	18	10.1017	-3.6767

Данные по элементу

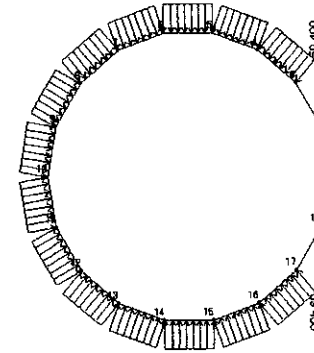
Элемент	Номер узла фермы		Параллельное соединение		Перпендикулярное соединение	
	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j
1	1	2	0	0	0	0
2	2	3	0	0	0	0
3	3	4	0	0	0	0
4	4	5	0	0	0	0
5	5	6	0	0	0	0
6	6	7	0	0	0	0
7	7	8	0	0	0	0
8	8	9	0	0	0	0
9	9	10	0	0	0	0
10	10	11	0	0	0	0
11	11	12	0	0	0	0
12	12	13	0	0	0	0
13	13	14	0	0	0	0
14	14	15	0	0	0	0
15	15	16	0	0	0	0
16	16	17	0	0	0	0
17	17	18	0	0	0	0
18	18	1	0	0	0	0

) параллельное / перпендикулярное соединение: **[0]** неподвижное соединение
[1] шарнирное соединение

(3) Нагрузка

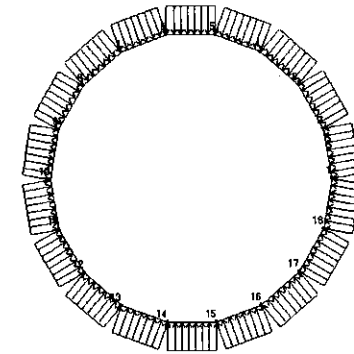
· Давление грунта

$$P = K_0 \gamma h = 0.50 \times 11.0 \times (398.00 - 387.20) = 59.4 \text{ КН/м}$$



· Давление воды

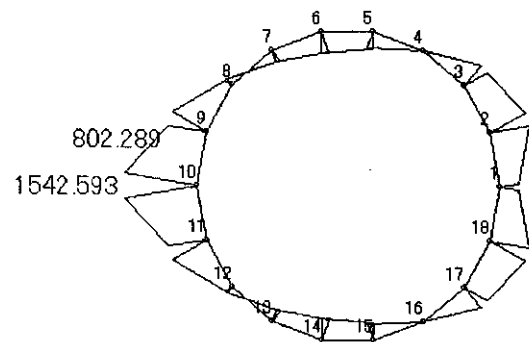
$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times (404.40 - 387.20) = 172.0 \text{ КН/м}$$



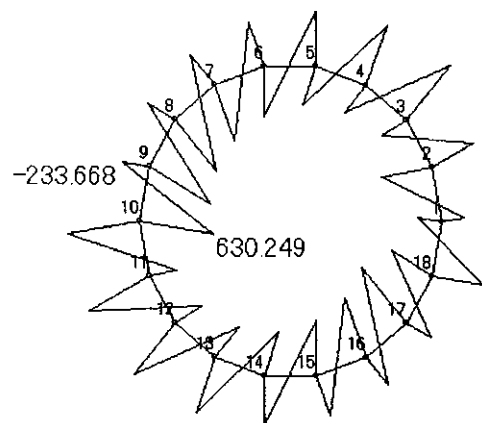
(4) Главный вектор напряжений

Согласно 8. ВВОД И ВЫВОД КОМПЬЮТЕРА 8.1 'УЧАСТОК III',

- Эпюра изгибающих моментов

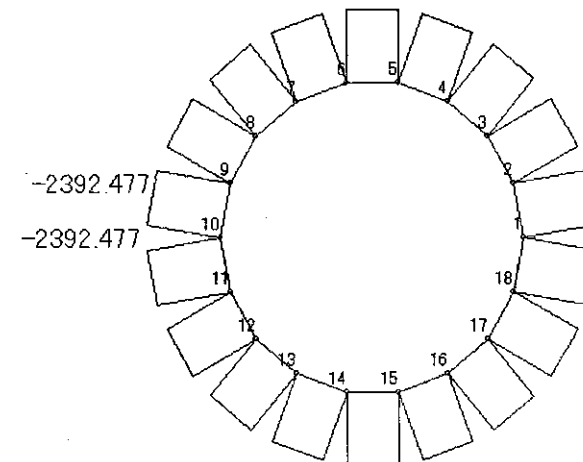


- Эпюра поперечных сил



A.6-9

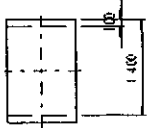
- Эпюра продольных сил

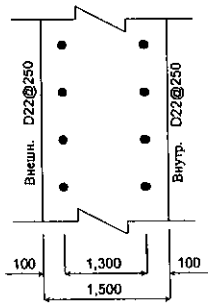


- Главный вектор расчетных напряжений

Номер узла фермы	M_{\max} (кН·м)	N_{\max} (кН)	Номер узла фермы	S_{\max} (кН)
10	1,542.6	2,392.5	10	630.2

(5) Расчет участка

Участок		Стена - 387.2				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см²)
		D1	0.100	22	4.000	15.484
		D1	1.400	22	4.000	15.484
		Общая площадь армирования Σ 30.968				
Ширина балки bw(м) 1.0000 Высота балки h(м) 1.5000		«Тип» D: Армированный стержень l: Глубина бетона				
Предел · Изгиб. Изгибающий момент Md(КН·м) 1542.60 Осевое усилие N'd(КН) 2392.50		Предел · Изгиб. Изгиб. напряжение Mud(КН·м) 4301.47 Осевое напряжение N'ud(КН) 6671.38 N'oud(КН) 23502.62		γi γi · Md / Mud 0.412 < 1.0 ОК		
Предел · Сдвиг Прочность на сдвиг Vd(КН) 630.20 Ширина bw(см) 100.00 Фактическая высота d(см) 140.00 Отрицательный момент Mo(КН·м) 598.13 Изгибающий момент Md(КН·м) 1542.60		Предел · Сдвиг Касательн. напряжение Vsd(КН) 1566.58 Расчетное напряжение Vud(КН) 1566.58 Fwcd (Н/мм²) 6.00		γi γi Vd / Vud 0.463 < 1.0 ОК		
Предел пригодности Изгиб. Изгиб. момент (КН·м) (постоянный) Mpd 1542.60 (переменный) Mgd 0.00 Осевое усилие (КН) (постоянное) N'pd 2392.50 (переменное) N'rd 0.00		Предел пригодности. Изгиб Ширина трещины (мм) (расчетная) w1 0.382 (постоянная) w2 0.382 Допустимая ширина трещины wa 0.400 w1 / wa 0.955 < 1.0 ОК w2 / wa 0.955 < 1.0 ОК				

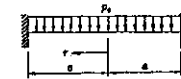


3. Расчет фундамента

Расчет был выполнен для круговых плит, укрепляемых кессонным методом.

(1) Расчетная формула

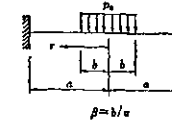
· Распределенная нагрузка -1



$$M_r = \frac{p_0 a^2}{16} \left[(1+\nu) - (3+\nu) \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]$$

Коэффициент Пуассона: $\nu = 0.667$ (бетон)

· Распределенная нагрузка -2



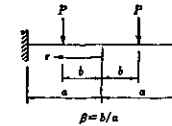
$$0 \leq r \leq b$$

$$M_r = \frac{p_0 b^2}{16} \left[(1+\nu)(\beta^2 - 4 \log \beta) - \frac{3+\nu}{\beta^2} \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]$$

$$b \leq r \leq a$$

$$M_r = \frac{p_0 b^2}{16} \left[-4 + (1-\nu)\beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 + (1+\nu) \left(\beta^2 - 4 \log \frac{r}{a} \right) \right]$$

· Линейная нагрузка



$$0 \leq r \leq b$$

$$M_r = -\frac{Pa\beta}{4} (1+\nu) (1 - \beta^2 + 2 \log \beta)$$

$$b \leq r \leq a$$

$$M_r = -\frac{Pa\beta}{4} \left[2 - (1-\nu)\beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 - (1+\nu) \left(\beta^2 - 2 \log \frac{r}{a} \right) \right]$$

$$\beta = b/a$$

Коэффициент Пуассона: $\nu = 0.667$ (бетон)

(2) Нагрузка

- Распределенная нагрузка (постоянная нагрузка + временная нагрузка)

Постоянная нагрузка плиты основания $w_d = \gamma_c t = 24.0 \times 2.00 = 48.0$

Постоянная нагрузка	w_1	= 5.0
Итого	p_0	= 53.0 КН/м ²

- Линейная нагрузка (Стена башни : +408.7 - +387.2)

Общая нагрузка

Согласно 5. РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯДРА (1);

$$N = 10,343.1 \text{ КН}$$

Длина периметра башни

$$U = \pi d = \pi \times 3.6 = 11.31 \text{ м}$$

Нагрузка

$$P = N/U = 10,343.1 / 11.31 = 914.5 \text{ КН/м}$$

- Распределенная нагрузка (вода в ядре)

$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times 20.0 = 200.0 \text{ КН/м}^2$$

$$h_w = (+407.2) - (+387.2) = 20.0 \text{ м}$$

- Распределенная нагрузка (гидростатическая подъемная сила)

Макс. уровень воды

$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times 19.2 = 192.0 \text{ КН/м}^2$$

$$h_w = (+404.4) - (+385.2) = 19.2 \text{ м}$$

Мин. уровень воды

$$p_w = \gamma_w h_w = 10.0 \times 5.8 = 58.0 \text{ КН/м}^2$$

$$h_w = (+391.0) - (+385.2) = 5.8 \text{ м}$$

(3) Главный вектор напряжений

- 1) Распределенная нагрузка (постоянная нагрузка + временная нагрузка)

- Часть периметра

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент части периметра равен ($r = a = 10.0 \text{ м}$);

$$M_{s1} = \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot \left[(1+v) - (3+v) \cdot \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{53.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{10.0}{10.0} \right)^2 \right]$$

$$= -662.5 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

- Поперечная сила

$$S_{s1} = \frac{p_0 \cdot A}{L} = \frac{53.0 \times (\pi \times 10.0^2)}{2 \times \pi \times 10.0} = 265.0 \text{ КН/м}$$

- Центральная часть

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент центральной части равен ($r = 0.0 \text{ м}$, $a = 10.0 \text{ м}$);

$$M_{01} = \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot \left[(1+v) - (3+v) \cdot \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{53.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{0.0}{10.0} \right)^2 \right]$$

$$= 386.5 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

- 2) Линейная нагрузка (стена башни: +408.7 - +387.2)

- Часть периметра

По расчетной формуле (1) Линейная нагрузка, Момент части периметра равен ($r = a = 10.0 \text{ м}$);

$$M_{s2} = - \frac{P a \beta^2}{4} \left[2 - (1-v) \beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 - (1+v) \left(\beta^2 - 2 \log \frac{r}{a} \right) \right]$$

$$= - \frac{914.5 \times 10.0 \times 0.18}{4} (2 - 0.027 - 0.038)$$

$$= -796.3 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

$$\beta = b / a = 1.8 / 10.0 = 0.18$$

$$(1-v) \beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 = (1-0.1667) \times 0.18^2 \times \left(\frac{10.0}{10.0} \right)^2 = 0.027$$

$$(1+v) \left(\beta^2 - 2 \log \frac{r}{a} \right) = (1+0.1667) \times \left(0.18^2 - 2 \times \log \frac{10.0}{10.0} \right) = 0.038$$

- Поперечная сила

$$S_{s2} = \frac{P l}{L} = \frac{914.5 \times (\pi \times 3.6)}{2 \times \pi \times 10.0} = 164.6 \text{ КН/м}$$

• Центральная часть

По расчетной формуле (1) Линейная нагрузка, Момент центральной части равен ($r=0.0\text{ м}$, $a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{02} &= -\frac{P_w a \beta}{4} (1+\nu) (1-\beta^2 + 2 \log \beta) \\ &= \frac{914.5 \times 10.0 \times 0.18}{4} \times 1.1667 \times (-0.522) \\ &= 250.6 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \\ \beta &= b/a = 1.8 / 10.0 = 0.18 \\ 1+\nu &= 1 + 0.1667 = 1.1667 \\ 1-\beta^2 + 2 \log \beta &= 1 - 0.18^2 + 2 \log 0.18 = -0.522 \end{aligned}$$

3) Распределенная нагрузка (вода в ядре)

• Часть периметра

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -2, Момент части периметра равен ($r=a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w b^2}{16} \cdot \left[-4 + (1-\nu) \beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 + (1+\nu) (\beta^2 - 4 \log \frac{r}{a}) \right] \\ &= \frac{200.0 \times 1.5^2}{16} \times (-4 + 0.0187 + 0.0263) \\ &= -111.2 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \\ \beta &= b/a = 1.5 / 10.0 = 0.15 \end{aligned}$$

$$(1-\nu) \beta^2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 = (1-0.1667) \times 0.15^2 \times \left(\frac{10.0}{10.0} \right)^2 = 0.0187$$

$$(1+\nu) (\beta^2 - 4 \log \frac{r}{a}) = (1+0.1667) \times (0.15^2 - 4 \times \log \frac{10.0}{10.0}) = 0.0263$$

• Поперечная сила

$$S_{01} = \frac{P_w A}{L} = \frac{200.0 \times (\pi \times 1.5^2)}{2 \times \pi \times 10.0} = 0.20 \text{ КН/м}$$

• Центральная часть

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -2, Момент центральной части равен ($r=0.0\text{ м}$, $a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w b^2}{16} \cdot \left[(1+\nu) (\beta^2 - 4 \log \beta) - \frac{3+\nu}{\beta^2} \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \\ &= \frac{200.0 \times 1.5^2}{16} \times (3.871 - 0.0) \\ &= 1.1 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \end{aligned}$$

$$\beta = b/a = 1.5 / 10.0 = 0.15$$

$$(1+\nu) (\beta^2 - 4 \log \beta) = (1+0.1667) \times (0.15^2 - 4 \times \log 0.15) = 3.871$$

$$\frac{3+\nu}{\beta^2} \left(\frac{r}{a} \right)^2 = \frac{3+0.1667}{0.15^2} \times \left(\frac{0.0}{10.0} \right)^2 = 0.0$$

4) Распределенная нагрузка (гидростатическая подъемная сила)

При макс. уровне воды

• Часть периметра

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент части периметра равен ($r=a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w a^2}{16} \cdot \left[(1+\nu) - (3+\nu) \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \\ &= \frac{-192.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{10.0}{10.0} \right)^2 \right] \\ &= 2,400.0 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \end{aligned}$$

• Поперечная сила

$$S_{01} = \frac{P_w A}{L} = \frac{-192.0 \times (\pi \times 10.0^2)}{2 \times \pi \times 10.0} = -960.0 \text{ КН/м}$$

• Центральная часть

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент центральной части равен ($r=0.0\text{ м}$, $a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w a^2}{16} \cdot \left[(1+\nu) - (3+\nu) \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \\ &= \frac{-192.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{0.0}{10.0} \right)^2 \right] \\ &= -1,400.0 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \end{aligned}$$

При мин. уровне воды

• Часть периметра

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент части периметра равен ($r=a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w a^2}{16} \cdot \left[(1+\nu) - (3+\nu) \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \\ &= \frac{-58.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{10.0}{10.0} \right)^2 \right] \\ &= 725.0 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \end{aligned}$$

• Поперечная сила

$$S_{01} = \frac{P_w A}{L} = \frac{-58.0 \times (\pi \times 10.0^2)}{2 \times \pi \times 10.0} = -290.0 \text{ КН/м}$$

• Центральная часть

По расчетной формуле (1) Распределенная нагрузка -1, Момент центральной части равен ($r=0.0\text{ м}$, $a=10.0\text{ м}$);

$$\begin{aligned} M_{01} &= \frac{P_w a^2}{16} \cdot \left[(1+\nu) - (3+\nu) \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \\ &= \frac{-58.0 \times 10.0^2}{16} \times \left[(1+0.1667) - (3+0.1667) \times \left(\frac{0.0}{10.0} \right)^2 \right] \\ &= -422.9 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м} \end{aligned}$$

(4) Главный вектор напряжений

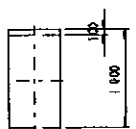
Нагрузка		M (кН·м / м)		S (кН/м)
		Часть периметра	Центральная часть	
Нагрузка (нисходящая)	Распределенная (пост.+врем.)	- 662.5	386.5	265.0
	Линейная (стена башни)	- 796.3	1.1	0.2
	Распределенная (вода в башне)	- 111.2	250.6	164.6
	Сумма	- 1570.0	638.2	429.8
Подъемная (восходящая)	Макс. ур. воды	2,400.0	- 1,400.0	- 960.0
	Мин. ур. воды	725.0	- 422.9	- 290.0
Итого		830.0	- 761.8	- 530.2
		- 845.0	215.3	139.8

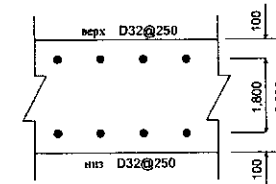
Главный вектор расчетных напряжений

$$M_{\max} = - 845.0 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

$$S_{\max} = - 530.2 \text{ кН/м}$$

(5) Расчет участка

Участок		Основание				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.100	32	4.000	31.768
		D1	1.900	32	4.000	31.768
		Общая площадь армирования Σ 63.536				
		«Тип» D: Армированный стержень l: Глубина бетона				
Ширина балки bw(м)	1.0000					
Высота балки h (м)	2.0000					
Предел · Изгиб.		Предел · Изгиб				
Изгибающий момент		Изгиб. напряжение Mud(кН·м)		2148.95		
Md(кН·м)	845.00	Осевое напряжение N'ud(кН)		282.29		
Осевое усилие N'd(кН)	111.00	N'oud(кН)		31961.41		
		γ_i		1.150		
		$\gamma_i \cdot Md / Mud$		0.452 < 1.0 OK		
Предел · Сдвиг		Предел · Сдвиг				
Прочность на сдвиг		Касател. напряжение Vsd(кН)		2126.07		
Vd(кН)	530.20	Расчетное напряжение Vyd(кН)		2126.07		
Ширина bw(см)	100.00	Fwcd (Н/мм ²)		6.00		
Фактическая высота d(см)	190.00	γ_i		1.15		
Отрицательный момент		$\gamma_i Vd / Vyd$		0.287 < 1.0 OK		
M _o (кН·м)	37.00					
Изгибающий момент						
Md(кН·м)	845.00					
Предел пригодности		Предел пригодности				
Изгиб.		Ширина трещины (мм)				
Изгиб. момент (кН·м)		(расчетная) w _l		0.444		
(постоянный) M _{pd}	845.00	(постоянная) w ₂		0.444		
(переменный) M _{rd}	0.00	Допустимая ширина трещины				
Осевое усилие (кН)		w _a		0.500		
(постоянное) N' _{pd}	111.00	w ₁ / w _a		0.888 < 1.0 OK		
(переменное) N' _{rd}	0.00	w ₂ / w _a		0.888 < 1.0 OK		



4. РАСЧЕТ БАЛОК И ПЛИТ

4.1 РАСЧЕТ БАЛОК

Расчет был выполнен как для шпальной конструкции с перпендикулярными нагрузками.

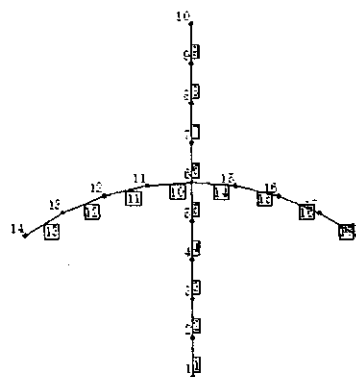
4.1.1 Элемент

- Материал : железобетон ($\sigma_{sk} = 30 \text{ Н/мм}^2$)
- Модуль эластичности : $E_c = 2.8 \times 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ КН/м}^2$
- Параметры Участка
 - Высота элемента : $H = 0.90 \text{ м}$
 - Ширина элемента : $B = 0.60 \text{ м}$ (прямые и кольцевые балки)
 - Площадь поперечного сечения : $A = 0.54 \text{ м}^2 / \text{м}$
 - Момент второго порядка : $I = 0.0365 \text{ м}^4 / \text{м}$

4.1.2 Модель конструкции

- Граничные условия
 - Соединение с внешней стеной и ядром : опора жесткая
 - Соединение со следующей балкой : опора гибкая

- Конструкция



• Данные по узлу фермы

Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)	Номер узла фермы	Координата X (м)	Координата Y (м)
1	0.0000	2.1000	10	0.0000	10.6000
2	0.0000	3.0400	11	-1.0638	6.7163
3	0.0000	3.9800	12	-2.1013	6.4672
4	0.0000	4.9200	13	-3.0871	6.0588
5	0.0000	5.8600	14	-3.9969	5.5013
6	0.0000	6.8000	15	1.0638	6.7163
7	0.0000	7.7500	16	2.1013	6.4672
8	0.0000	8.7000	17	3.0871	6.0588
9	0.0000	9.6500	18	3.9969	5.5013

• Данные по элементу

Элемент	Номер узла фермы		Параллельное соединение		Перпендикулярное соединение	
	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j	конечная i	конечная j
1	1	2	0	0	0	0
2	2	3	0	0	0	0
3	3	4	0	0	0	0
4	4	5	0	0	0	0
5	5	6	0	0	0	0
6	6	7	0	0	0	0
7	7	8	0	0	0	0
8	8	9	0	0	0	0
9	9	10	0	0	0	0
10	6	11	0	0	0	0
11	11	12	0	0	0	0
12	12	13	0	0	0	0
13	13	14	0	0	0	0
14	6	15	0	0	0	0
15	15	16	0	0	0	0
16	16	17	0	0	0	0
17	17	18	0	0	0	0

параллельное / перпендикулярное соединение: [0] неподвижное соединение
[1] шарнирное соединение

• Жесткость пружины

Узлы фермы 14 и 18 изучены с предположением, что лекальная балка является эластично несущей.

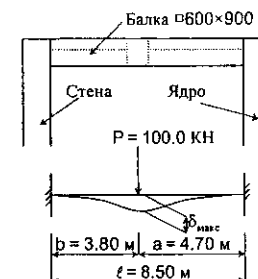
- Длина элемента : $l = 8.50 \text{ м}$
- Модуль эластичности : $E = 2.80 \times 10^7 \text{ КН/м}^2$
- Момент второго порядка : $I = 0.0365 \text{ м}^4$

Применено максимальное смещение с $P = 100.0 \text{ КН}$.

$$\delta_{\max} = \frac{2 P a^3 b^2}{3 E I (3 a + b)^2}$$

$$= \frac{2 \times 100.0 \times 4.70^3 \times 3.80^2}{3 \times (2.80 \times 10^7) \times 0.0365 \times (3 \times 4.70 + 3.80)^2}$$

$$= 3.050 \times 10^{-4} \text{ м}$$



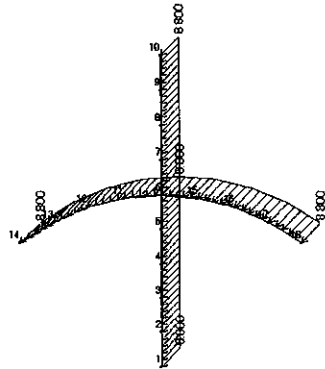
Следовательно;

$$K_v = \frac{P}{\delta_{\max}} = \frac{100.0}{3.050 \times 10^{-4}} = 327,900 \text{ КН/м}$$

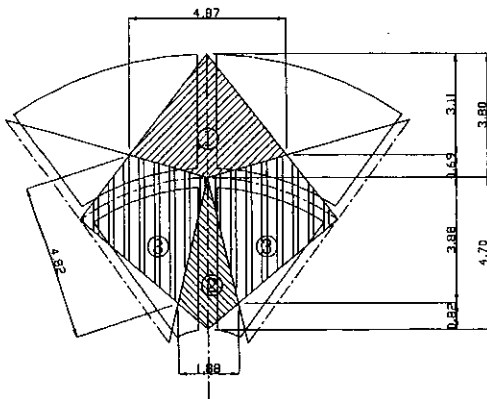
4.1.3 Нагрузка

- Постоянная нагрузка балки
Часть 0.30м балки высотой 0.90 м рассчитана как нагрузка плиты.

$$w_1 = \gamma_c A = 24.0 \times \{0.60 \times (0.90 - 0.30)\} = 8.6 \text{ КН/м}$$

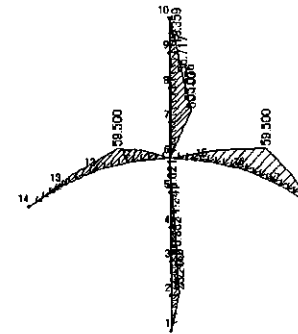


- Нагрузка плиты и человеческая нагрузка



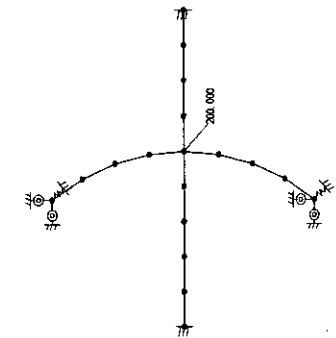
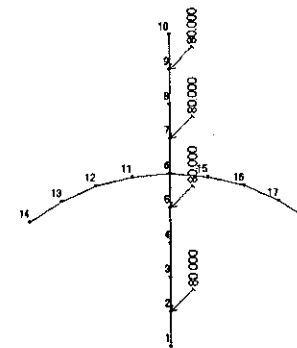
Из вышеуказанного:

- 1 : $w_{21} = (\gamma_c \cdot t + w_1) l = (24.0 \times 0.30 + 5.0) \times 4.87 = 59.4 \text{ КН/м}$
- 2 : $w_{22} = (\gamma_c \cdot t + w_1) l = (24.0 \times 0.30 + 5.0) \times 1.88 = 22.9 \text{ КН/м}$
- 3 : $w_{21} = (\gamma_c \cdot t + w_1) l = (24.0 \times 0.30 + 5.0) \times 4.82 = 58.8 \text{ КН/м}$



- Постоянная нагрузка (В F)
 $w_3 = p_s / n = 560.0 / 7 = 80.0 \text{ КН}$

- Транспортная нагрузка (1 F)
 $P = 200.0 \text{ КН}$



4.1.4 Сочетание нагрузок

- Случай - 1: Постоянная нагрузка + Человеческая нагрузка + Постоянная нагрузка
- Случай - 2: Постоянная нагрузка + Человеческая нагрузка + Транспортная нагрузка

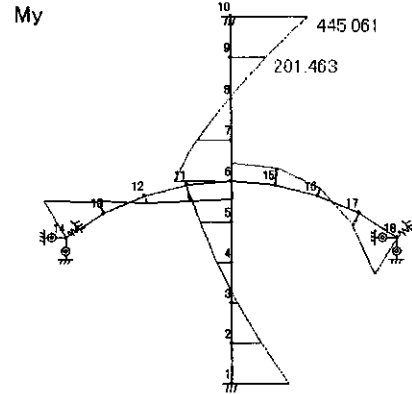
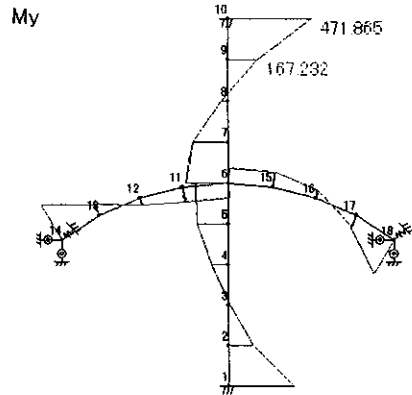
4.1.5 Главный вектор напряжений

Согласно 8. ВВОД И ВЫВОД КОМПЬЮТЕРА 8.3 'БАЛКИ';

- Эпюра изгибающих моментов

Вариант - 1

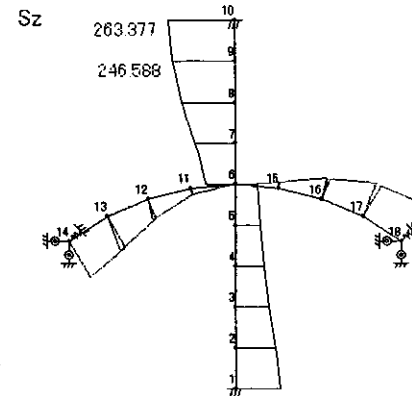
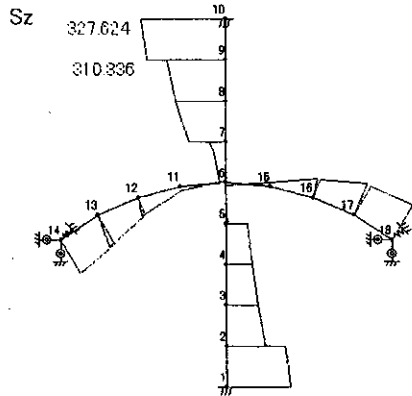
Вариант - 2



- Эпюра поперечных сил

Вариант - 1

Вариант - 2

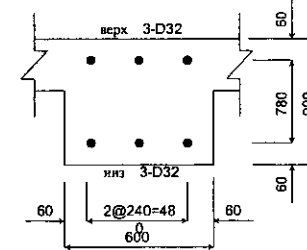


- Главный вектор расчетных напряжений

Номер узла фермы	M_{\max} (кН·м)	Номер узла фермы	S_{\max} (кН)
10	471.9	10	327.6

4.1.6 Расчет участка

Участок		Балка				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.060	32	3.000	23.826
		D1	0.840	32	3.000	23.826
		Общая площадь армирования Σ 47.652				
		«Тип» D: Армированный стержень I: Глубина бетона				
Ширина балки b_w (м)	0.6000	Предел · Изгиб. Изгиб. напряжение M_{ud} (кН·м) 607.73 Осьевое напряжение N'_{ud} (кН) 0.00 N'_{oud} (кН) 9485.85 γ_i 1.150 $\gamma_i \cdot M_d / M_{ud}$ 0.893 < 1.0 ОК				
Высота балки h (м)	0.9000					
Предел · Изгиб. Изгибающий момент M_d (кН·м)	471.90					
Осьевое усилие $N'd$ (кН)	0.00					
Предел · Сдвиг		Предел · Сдвиг				
Прочность на сдвиг V_d (кН)	327.60	Касател. напряжение V_{sd} (кН)	939.95			
Ширина b_w (см)	60.00	Расчетное напряжение V_{yd} (кН)	939.95			
Фактическая высота	84.00	F_{wcd} (Н/мм ²)	6.00			
d (см)		γ_i	1.15			
Отрицательный момент M_o (кН·м)	0.00	$\gamma_i V_d / V_{yd}$	0.401 < 1.0 ОК			
Изгибающий момент M_d (кН·м)	471.90					



A.6-16

4.2 РАСЧЕТ ПЛИТ

Расчет выполнен путем перевода плиты, окруженной балками и стенами, в прямоугольную плиту соответствующей площадью с закрепленными внешними краями.

4.2.1 Расчет плиты 1 Э

(1) Расчетная формула

$$Mv_2 = \frac{(1-v_1 v_2) Mv_1 + (v_2 - v_1) Mv_1}{1-v_1^2}$$

v_1, v_2 : коэффициент Пуассона ($v_1 = 0.3, v_2 = 0.1667$: бетон)

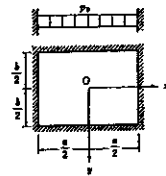
Mv_2 : Момент для коэффициента Пуассона v_2 (КН м/м)

Mv_1 : Момент для коэффициента Пуассона v_1 (КН м/м)

Формула расчета момента при коэффициенте Пуассона: $v = 0.3$ представлена в Таблицах 4.2-1 и 4.2-2.

Таблица 4.2-1 Момент прямоугольной плиты с закрепленными внешними краями с равномерной нагрузкой

等分布荷重を受ける4辺固定板のため
およびモーメント ($\nu=0.3$)¹⁾

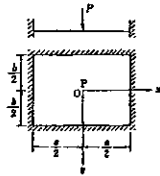


b/a	$(w)_{x=0,y=0}$	係数	$(M_x)_{x=0,y=0}$	$(M_y)_{x=0,y=0}$	$(M_x)_{x=a,y=0}$	$(M_y)_{x=a,y=0}$	係数
1.0	0.00126	$p_0 a^4 / D$	-0.0513	-0.0513	0.0281	0.0281	$p_0 a^4$
1.1	0.00190	$p_0 a^4 / D$	-0.0681	-0.0538	0.0264	0.0281	$p_0 a^4$
1.2	0.00172	$p_0 a^4 / D$	-0.0639	-0.0554	0.0299	0.0228	$p_0 a^4$
1.3	0.00191	$p_0 a^4 / D$	-0.0687	-0.0563	0.0327	0.0222	$p_0 a^4$
1.4	0.00207	$p_0 a^4 / D$	-0.0726	-0.0568	0.0349	0.0212	$p_0 a^4$
1.5	0.00220	$p_0 a^4 / D$	-0.0757	-0.0570	0.0368	0.0203	$p_0 a^4$
1.6	0.00230	$p_0 a^4 / D$	-0.0780	-0.0571	0.0381	0.0193	$p_0 a^4$
1.7	0.00238	$p_0 a^4 / D$	-0.0799	-0.0571	0.0392	0.0182	$p_0 a^4$
1.8	0.00245	$p_0 a^4 / D$	-0.0812	-0.0571	0.0401	0.0174	$p_0 a^4$
1.9	0.00249	$p_0 a^4 / D$	-0.0822	-0.0571	0.0407	0.0165	$p_0 a^4$
2.0	0.00254	$p_0 a^4 / D$	-0.0829	-0.0571	0.0412	0.0158	$p_0 a^4$
∞	0.00260	$p_0 a^4 / D$	-0.0833	-0.0571	0.0417	0.0125	$p_0 a^4$

Таблица 4.2-2 Момент прямоугольной плиты с закрепленными внешними краями с сосредоточенной нагрузкой

集中荷重を受ける4辺固定板のためとモーメント ($\nu=0.3$)¹⁾

b/a	$(w)_{x=0,y=0} = \alpha P a^4 / D$	$(M_x)_{x=0,y=0} = \gamma P$
1.0	0.00560	-0.1257
1.2	0.00647	-0.1490
1.4	0.00691	-0.1604
1.6	0.00712	-0.1651
1.8	0.00720	-0.1667
2.0	0.00722	-0.1674
∞	0.00725	-0.168



(2) Нагрузка

Распределенная нагрузка	
Постоянная нагрузка плиты $w = \gamma_c t = 24.0 \times 0.30$	= 7.2
Временная нагрузка w	= 5.0
Итого p_0	= 12.2 КН/м ²

- Сосредоточенная нагрузка
- Транспортная нагрузка
- $P = 200.0$ КН

(3) Главный вектор напряжений

- Длина края
- Короткий край : $a = 3.50$ м
- Длинный край : $b = \frac{6.05+3.86}{2} = 4.96$ м

• Изгибающий момент

По расчетной формуле (1), Момент части короткого края равен:

При распределенной нагрузке Момент: $M_1 = -0.0726 p_0 a^2$

При сосредоточенной нагрузке Момент: $M_2 = -0.1604 P$

Отношение краев $\frac{b}{a} = \frac{4.96}{3.50} = 1.4$

Коэффициент Пуассона : $\nu = 0.3$

Следовательно;

$$M_{0.3} = (-0.0726 p_0 a^2) + (-0.1604 P) = -0.0726 \times 12.2 \times 3.50^2 - 0.1604 \times 200.0 = -42.9 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

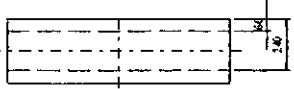
Момент для $\nu = 0.1667$ (бетон) равен:

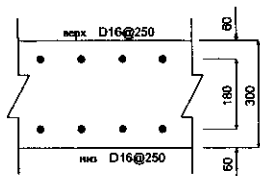
$$M = \frac{(1-v_1 v_2) \cdot Mv_1 + (v_2 - v_1) \cdot Mv_1}{1-v_1^2} = \frac{(1-0.1667 \times 0.3) \times 42.9 + (0.3 - 0.1667) \times 42.9}{1-0.1667^2} = -47.8 \text{ КН} \cdot \text{м} / \text{м}$$

• Поперечная сила

$$S = \frac{p_0 A + P}{1} = \frac{12.2 \times (4.96 \times 3.50) + 200.0}{2 \times (4.96 + 3.50)} = 24.3 \text{ КН/м}$$

(4) Расчет участка

Участок		Плита - 1 Э				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.060	16	4.000	7.944
		D1	0.240	16	4.000	7.944
		Общая площадь армирования Σ 15.888				
Ширина балки b _w (м)		1.0000				
Высота балки h (м)		0.3000				
Предел · Изгиб.		Предел · Изгиб.				
Изгибающий момент Md(КН·м)		Изгиб. напряжение M _{ud} (КН·м)		67.98		
Осевое усилие N ^d (КН)		Осевое напряжение N ^{ud} (КН)		0.00		
		N ^{oud} (КН)		4972.71		
		γ _i		1.150		
		γ _i · Md / M _{ud}		0.809 < 1.0 ОК		
Предел · Сдвиг		Предел · Сдвиг				
Прочность на сдвиг V _d (кН)		Касател. напряжение V _{sd} (КН)		420.96		
Ширина b _w (см)		Расчетное напряжение V _{ud} (КН)		420.96		
Фактическая высота d(см)		F _{wcd} (Н/мм ²)		6.00		
Отрицательный момент M _o (КН·м)		γ _i		1.15		
Изгибающий момент Md(КН·м)		γ _i V _d / V _{ud}		0.066 < 1.0 ОК		
				0.00		
				47.80		



А.6-18

4.2.2 Расчет плиты технического этажа

(1) Расчетная формула
Такая же, как и расчет пункта 4.2.1 для плиты 1 Э.

(2) Нагрузка

- Распределенная нагрузка
Постоянная нагрузка плиты $w = \gamma_c t = 24.0 \times 0.30 = 7.2$
Временная нагрузка $w = 5.0$
Итого $p_0 = 12.2 \text{ КН/м}^2$

- Сосредоточенная нагрузка
Нагрузка трубопровода
 $P = 100.0 \text{ КН}$

(3) Главный вектор напряжений

- Длина края
Короткий край: $a = 3.50 \text{ м}$
Длинный край: $b = \frac{6.05 + 3.86}{2} = 4.96 \text{ м}$

- Изгибающий момент
По расчетной формуле (1), Момент части короткого края равен:
При распределенной нагрузке Момент: $M_1 = -0.0726 \cdot p_0 \cdot a^2$
При сосредоточенной нагрузке Момент: $M_2 = -0.1604 \cdot P$

Отношение краев $\frac{b}{a} = \frac{4.96}{3.50} = 1.4$

Коэффициент Пуассона: $\nu = 0.3$

Следовательно:

$$M_{0.3} = (-0.0726 \cdot p_0 \cdot a^2) + (-0.1604 \cdot P) = -0.0726 \times 12.2 \times 3.50^2 - 0.1604 \times 100.0 = -26.9 \text{ КН·м / м}$$

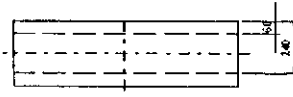
Момент для $\nu = 0.1667$ (бетон) равен:

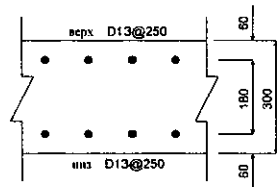
$$M = \frac{(1-\nu_1 \nu_2) \cdot M_{\nu_1} + (\nu_2 - \nu_1) \cdot M_{\nu_2}}{1-\nu_1^2} = \frac{(1-0.1667 \times 0.3) \times 26.9 + (0.3-0.1667) \times 26.9}{1-0.1667^2} = -30.0 \text{ КН·м / м}$$

- Поперечная сила

$$S = \frac{p_0 A + P}{l} = \frac{12.2 \times (4.96 \times 3.50) + 100.0}{2 \times (4.96 + 3.50)} = 18.4 \text{ КН/м}$$

(4) Расчет участка

Участок		Плита – технический этаж				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.060	13	4.000	5.068
		D1	0.240	13	4.000	5.068
		Общая площадь армирования Σ 10.136				
Ширина балки bw(м) 1.0000 Высота балки h(м) 0.3000		«Тип» D: Армированный стержень I: Глубина бетона				
Предел · Изгиб. Изгибающий момент Md(КН·м) 30.00 Осевое усилие N'd(КН) 0.00		Предел · Изгиб. Изгиб. напряжение Mud(КН·м) 45.14 Осевое напряжение N'ud(КН) 0.00 N'oud(КН) 4811.21 γi 1.150 γi · Md / Mud 0.764 < 1.0 ОК				
Предел · Сдвиг Прочность на сдвиг Vd(КН) 18.40 Ширина bw(см) 100.00 Фактическая высота d(см) 24.00 Отрицательный момент Мо(КН·м) 0.00 Изгибающий момент Md(КН·м) 30.00		Предел · Сдвиг Касател. напряжение Vsd(КН) 420.96 Расчетное напряжение Vyd(КН) 420.96 Fwd(Н/мм2) 6.00 γi 1.15 γi Vd / Vyd 0.050 < 1.0 ОК				



А.6-19

5. РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯДРА

Расчет выполнен для вертикальных усилий.

(1) Вертикальное усилие

Нагрузки надземной части и плиты распределены со стеной.

$$\text{Доля нагрузки } : A' = \pi \times \{ (4.20 + 8.80)^2 - 4.20^2 \} / 4 = 118.88 \text{ м}^2$$

$$\text{Надземная часть } P_1 = \frac{W_n}{A} \times A' = \frac{2,200}{(\pi \times 23.0^2 / 4)} \times 118.88 = 629.4 \text{ КН}$$

$$\text{Ядро } P_2 = \gamma_c \cdot A \cdot h = 24.0 \times \{ \pi \times (4.20^2 - 3.00^2) / 4 \} \times 21.50 = 3,550.4 \text{ КН}$$

$$\text{Трубопровод (ядро)} \quad p_3 = 362.0 \text{ КН}$$

Плита и временная нагрузка

$$P_4 = (\gamma_c \cdot t + w_i) \cdot A' \cdot n = (24.0 \times 0.30 + 5.0) \times 118.88 \times 4 = 5,801.3 \text{ КН}$$

$$\Sigma N = 10,343.1 \text{ КН}$$

Нагрузка трубопровода (без воды)

$$d = 2.0 \text{ м}$$

$$A = (\pi \cdot d^2) / 4 = (\pi \times 2.0^2) / 4 = 3.14 \text{ м}^2$$

$$h = (+407.2) - (+387.2) = 20.0 \text{ м}$$

$$W_w = (A \cdot h) \cdot \gamma_w = 3.14 \times 20.0 \times 10.0 = 628.0 \text{ КН}$$

Масса трубопровода

$$p_3 = p_3 - W_w = 990.0 - 628.0$$

$$= 362.0 \text{ КН}$$

(2) Расчет Участка

$$N'_{oud} = 0.85 \cdot f'_{cd} \cdot A_c / \gamma_b$$

где: N'_{oud} : сжимающее усилие осевого усилия (N)

f'_{cd} : расчетная прочность на сжатие (= 23.1 Н/мм²)

A_c : площадь поперечного сечения бетона (мм²)

γ_b : коэффициент элемента (= 1.3)

Из вышеуказанного,

$$N'_{oud} = 0.85 \times 23.1 \times \{ \pi \times (4,200^2 - 3,000^2) / 4 \} / 1.3$$

$$= 102,492,285.9 \text{ Н}$$

$$= 102,492.3 \text{ КН} > N = 10,343.1 \text{ КН}$$

Вследствие этого, применена минимальная площадь армирования.

(3) Минимальная площадь армирования

Необходимая минимальная площадь армирования для осевого усилия равна 0.8% от площади поперечного сечения бетона.

Согласно Расчету Участка (2), необходимая площадь поперечного сечения A_{creq} равна:

$$A_{creq} = \frac{N_{gb}}{0.85 \cdot f'_{cd}} = \frac{(10,802.0 \times 10^3) \times 1.3}{0.85 \times 23.1} = 715,182.1 \text{ мм}^2 = 7,151.8 \text{ см}^2$$

Следовательно, толщина стены t_{creq} равна:

$$t_{creq} = A_{creq} / L = 7,151.8 / (\pi \times 420) = 5.42 \text{ см}$$

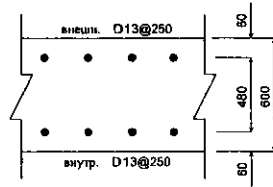
Следовательно, площадь армирования A_{sreq} равна:

$$A_{sreq} = 100 \times t_{creq} \times 0.8\% = 4.33 \text{ см}^2 / \text{м}$$

(4) Применение

Внешняя	4 - D13@250	$A_s = 5.068 \text{ см}^2/\text{м}$
Внутренняя	4 - D13@250	$A_s = 5.068 \text{ см}^2/\text{м}$
Итого	$\Sigma A_s = 10.136 \text{ см}^2/\text{м} > A_{\text{треб}} = 4.33 \text{ см}^2/\text{м}$	

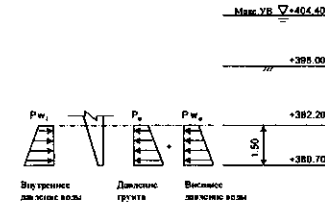
ОК



А.6-20

6. РАСЧЕТ РЕЖУЩЕГО КРАЯ

(1) Расчетная нагрузка



• Давление грунта

$$P_o = K_o \gamma h$$

$$+382.2: P_{o1} = 0.5 \times 11.0 \times (398.0 - 382.2) = 86.9 \text{ КН/м}^2$$

$$+380.7: P_{o2} = 0.5 \times 11.0 \times (398.0 - 380.7) = 95.2 \text{ КН/м}^2$$

• Внешнее давление воды (макс. уровень воды: +404.4)

$$P_w = \gamma_w h_w$$

$$+382.2: P_{w01} = 10.0 \times (404.4 - 382.2) = 222.0 \text{ КН/м}^2$$

$$+380.7: P_{w02} = 10.0 \times (404.4 - 380.7) = 237.0 \text{ КН/м}^2$$

• Внутреннее давление воды

Предполагаемая разность давления воды равна 3.0м;

$$+382.2: P_{wi1} = P_{w01} - 10.0 \times 3.0 = 222.0 - 30.0 = 192.0 \text{ КН/м}^2$$

$$+380.7: P_{wi2} = P_{w02} - 10.0 \times 3.0 = 237.0 - 30.0 = 207.0 \text{ КН/м}^2$$

• Расчетная нагрузка

$$+382.2: P_1 = P_{o1} + P_{w01} - P_{wi1} = 86.9 + 222.0 - 192.0 = 116.9 \text{ КН/м}^2$$

$$+380.7: P_2 = P_{o2} + P_{w02} - P_{wi2} = 95.2 + 237.0 - 207.0 = 125.2 \text{ КН/м}^2$$

(2) Главный вектор напряжений

Расчет выполнен как для консоли:

$$M = \frac{L^2}{6} (2P_2 + P_1)$$

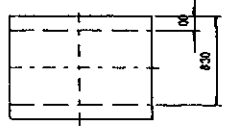
$$= \frac{1.5^2}{6} (2 \times 125.2 + 116.9) = 137.7 \text{ КН м/м}$$

$$S = \frac{L}{2} (P_1 + P_2) = \frac{1.5}{2} (125.2 + 116.2)$$

$$= 181.1 \text{ КН/м}$$



(3) Расчет участка

Участок		Режущий край				
		Тип	Расположение (м)	Диам. (мм)	Кол-во	Площадь армирования (см ²)
		D1	0.060	22	4.000	15.484
		D1	0.240	29	4.000	25.696
		Общая площадь армирования Σ 41.180				
Ширина балки b _w (м)		1.0000				
Высота балки h (м)		0.7300				
Предел · Изгиб.		Предел · Изгиб.				
Изгибающий момент Md(КН·м)	137.70	Изгиб. напряжение M _{ud} (КН·м)	513.92			
Осевое усилие N' _d (КН)	0.00	Осевое напряжение N' _{ud} (КН)	0.00			
			N' _{oud} (КН)	14006.80		
			γ _i	1.150		
			γ _i · Md / M _{ud}	0.308 < 1.0 ОК		
Предел · Сдвиг		Предел · Сдвиг				
Прочность на сдвиг V _d (КН)	181.10	Касательн. напряжение V _{sd} (КН)	704.96			
Ширина b _w (см)	100.00	Расчетное напряжение V _{yd} (КН)	704.96			
Фактическая высота d(см)	63.00	F _{wcd} (Н/мм ²)	6.49			
Отрицательный момент		γ _i	1.15			
M _o (КН·м)	0.00	γ _i V _d / V _{yd}	0.295 < 1.0 ОК			
Изгибающий момент						
M _d (КН·м)	137.70					

«Тип»
D: Армированный стержень
l: Глубина бетона

7. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ

7.1 УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАВУЧЕСТИ

Проверено для макс. уровня воды.

(1) Примененная формула

$$F_s = \frac{P_v}{P_w} \geq F_{sa} = 1.2$$

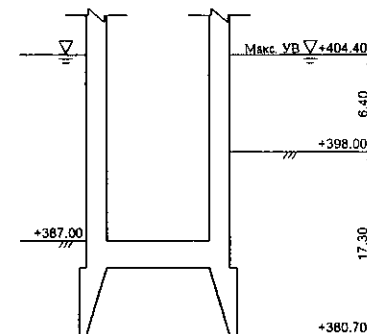
где: F_s : коэффициент безопасности
P_v : вертикальное усилие
P_w : плавучесть
F_{sa} : допустимый коэффициент безопасности

(2) Плавучесть

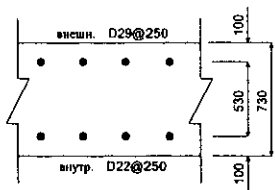
$$P_w = h_w \times \gamma_w \times A$$

$$= (404.40 - 380.70) \times 10.0 \times (\pi \times 23.40^2 / 4)$$

$$= 101,922 \text{ КН}$$



А.6-21



(3) Вертикальное усилие		
Надземная часть $P_1=$		= 2,200 КН
Стена (+409.00 - +404.4)		
$P_2= \gamma_c A h= 24.0 \times \{ \pi \times (23.00^2 - 21.80^2) / 4 \} \times 4.60$		= 4,661 КН
Стена (+404.40 - +399.8)		
$P_3= \gamma_c A h= 24.0 \times \{ \pi \times (23.00^2 - 21.20^2) / 4 \} \times 4.60$		= 6,898 КН
Стена (+399.80 - +395.20)		
$P_4= \gamma_c A h= 24.0 \times \{ \pi \times (23.00^2 - 20.60^2) / 4 \} \times 4.60$		= 9,073 КН
Стена (+395.20 - +387.20)		
$P_5= \gamma_c A h= 24.0 \times \{ \pi \times (23.00^2 - 20.00^2) / 4 \} \times 8.00$		= 19,453 КН
Стена (режущий край)		
$P_6= \gamma_c V= 24.0 \times 341$		= 8,184 КН

$$v_1 = \frac{\pi D^2}{4} h = \pi \times 23.40^2 \times 4.5 / 4 = 1,935.2 \text{ м}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Вычет } \Delta v_2 &= \frac{\pi h}{3} \left(\frac{D^2}{4} + \frac{D d}{2} + \frac{d^2}{4} \right) \\ &= \pi \times 4.5 \times (23.40^2 / 4 + 23.4 \times 19.0 / 4 + 19.0^2 / 4) / 3 = -1,594.2 \text{ м}^3 \\ \hline V &= 341.0 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Плита

$P_7= \gamma_c V= 24.0 \times 399.6$		= 9,590 КН
$v_1 = \pi \times 21.8^2 / 4 \times 0.3 = 112.0 \text{ м}^3$		
$v_2 = \pi \times 21.2^2 / 4 \times 0.3 = 105.9 \text{ м}^3$		
$v_3 = \pi \times 20.6^2 / 4 \times 0.3 = 100.0 \text{ м}^3$		
$v_4 = \pi \times 20.0^2 / 4 \times 0.3 = 94.2 \text{ м}^3$		
$\Sigma V = 412.1 \text{ м}^3$		

$$\begin{aligned} \text{Вычет } \Delta v &= \pi \times 4.2^2 / 4 \times 0.3 \times 3 = 12.5 \text{ м}^3 \\ V &= 412.1 - 12.5 = 399.6 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Балка

$P_8= \gamma_c V= 24.0 \times (120.2+13.0)$		= 3,197 КН
Прямая балка		
Средняя длина = $(21.8+21.2+20.6+20.0) / 4 = 20.9 \text{ м}$		
Длина $L= 20.9 - 4.2 = 16.7 \text{ м}$		
$V_1= 0.6 \times 0.6 \times 16.7 \times 5 \times 4 = 120.2 \text{ м}^3$		
Кольцевая балка		
Длина $L= \pi D - \pi b = \pi \times 13.4 - 10 \times 0.6 = 36.1 \text{ м}$		
$V_2= 0.6 \times 0.6 \times 36.1 = 13.0 \text{ м}^3$		

Плита основания

$P_9= \gamma_c A t= 24.0 \times \{ \pi \times 23.00^2 / 4 \} \times 2.00$		= 19,943 КН
Ядро (+408.70 - +387.20) $h= 21.5 \text{ м}$		
$P_{10}= \gamma_c A h= 24.0 \times \{ \pi \times (4.2^2 - 3.0^2) / 4 \} \times 21.5$		= 3,501 КН
Бетон корректировки ($V= 1594.2 \text{ м}^3$ согласно "Режущий край")		
$P_{11}= \gamma_c V= 23.0 \times 1594.2$		= 36,667 КН
Мост		
$P_{12}=$		= 2,144 КН
Итого P_V		= 125,511 КН

(4) Коэффициент безопасности

$$F_s = \frac{P_V}{P_w} = \frac{125,511}{101,922} = 1.23 > F_{sn} = 1.2$$

OK

7.2 УСТОЙЧИВОСТЬ ОПРОКИДЫВАНИЯ

7.2.1 Изучение при минимальном уровне воды

(1) Формула

$$e < \frac{B}{F_s}$$

где: e : точка действия нагрузок, оказываемых на плиту основания (м)

B : ширина плиты основания (= 23.40 м)

F_s : коэффициент безопасности (= 6)

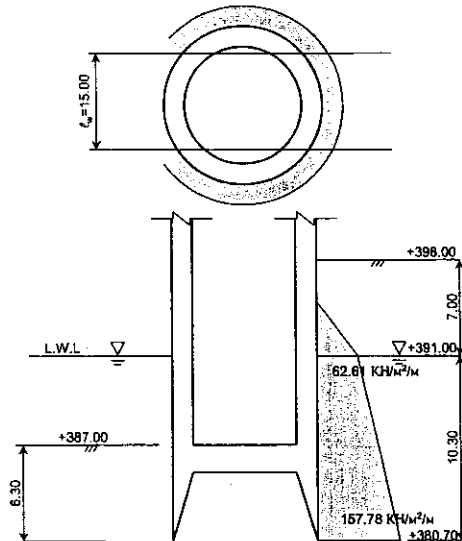
(2) Нагрузка

· Давление грунта

$$p_a = K_a \gamma h - 2c \sqrt{K_a}$$

$$K_a = \tan^2(45 \text{ градусов} - \varphi / 2)$$

Выс. отметка (м)	K_a	γ (кН/м ³)	h (м)	p_a (кН/м ² / м)
398.00	0.84	20.0	0.00	0.0
394.73			3.27	0.0
391.00	11.0	11.0	3.73	62.6
380.70			10.30	157.8



· Горизонтальное усилие моста

Сила трения от опоры;

Нагрузка моста : $P_3 = 2,144 \text{ кН}$

Коэффициент трения опоры моста : $\beta = 0.10$

Горизонтальное усилие

$$P_{\text{ГВ}} = P_3 \times \beta = 2,144 \times 0.1$$

$$= 214.4 \text{ кН}$$

· Момент

Момент по давлению грунта

$$M = \Sigma((p h / 2) L) L_w$$

Выс. отметка (м)	p_a (кН/м ² / м)	h (м)	L (м)	L_w (м)	M (кН·м)
394.73	0.0	-	-	15.0	-
391.00	62.6	3.73	11.54		20,209.3
380.70	157.8	10.30	4.41		75,084.2
Итого					95,293.5

Момент по горизонтальному усилию моста

$$M_{\text{В}} = P_{\text{ГВ}} \times L_{\text{В}} = 214.4 \times 26.8 = 5,745.9 \text{ кН·м}$$

Суммарный Момент

$$M = 95,293.5 + 5,745.9 = 101,039.4 \text{ кН·м}$$

· Вертикальное усилие

Согласно "6.1 УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАВУЧЕСТИ (3) Вертикальное усилие";

$$P_{\text{В}} = 125,511 \text{ кН}$$

$$P_{\text{В}} = (391.0 - 380.7) \times 10 \times (\pi \times 23.4^2 / 4)$$

$$= 44,295 \text{ кН}$$

$$P = 125,511 - 44,295$$

$$= 81,216 \text{ кН}$$

(3) Проверка безопасности

$$e = \frac{M}{P} = \frac{101,039}{81,216} = 1.24 \text{ м} < \frac{B}{F_s} = \frac{23.40}{6} = 3.90 \text{ м}$$

ОК

7.2.2 Изучение при максимальном уровне воды

(1) Формула

$$e < \frac{B}{F_s}$$

где: e : точка действия нагрузок, оказываемых на плиту основания (м)

B : ширина основания плиты (= 23.40 м)

F_s : коэффициент безопасности (= 6)

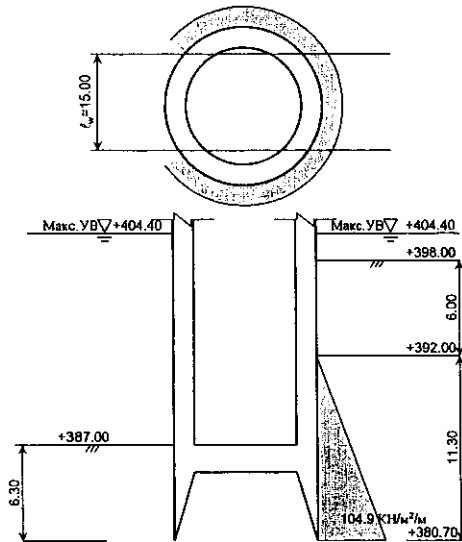
(2) Нагрузка

• Давление грунта

$$p_a = K_a \cdot \gamma \cdot h - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$K_a = \tan^2(45 \text{ градусов} - \varphi / 2)$$

Выс. отметка (м)	K _a	γ (кН/м ³)	h (м)	p _a (кН/м ² /м)
398.00	0.84	11.0	0.0	0.0
392.00			6.0	0.0
380.70			17.3	104.9



А.6-24

• Горизонтальное усилие моста

Согласно "7.2.1 Изучение при минимальном уровне воды";

$$P_{гв} = 214.4 \text{ кН}$$

• Суммарный Момент

Момент по давлению грунта

$$M = \sum \left\{ \left(\frac{p \cdot h}{2} \right) \cdot L \right\} L_w$$

Выс. отметка (м)	p _a (кН/м ² /м)	h (м)	L (м)	L _w (м)	M (кН·м)
392.00	0.0	-	-	15.0	-
380.70	104.9	11.3	3.77		33,516.3
∑					33,516.3

Момент по горизонтальному усилию моста

Согласно "7.2.1 Изучение при минимальном уровне воды";

$$M_B = 5,745.9 \text{ кН·м}$$

Суммарный Момент

$$M = 33,516.3 + 5,745.9 = 39,262.2 \text{ кН·м}$$

• Общее вертикальное усилие

Согласно "7.1 УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАВУЧЕСТИ";

$$P_V = 125,511 \text{ кН}$$

$$P_W = 101,922 \text{ кН}$$

$$P = 125,511 - 101,922$$

$$= 23,589 \text{ кН}$$

(3) Проверка безопасности

$$e = \frac{M}{P} = \frac{39,262}{23,589} = 1.66 \text{ м} < \frac{B}{F_s} = \frac{23.40}{6} = 3.90 \text{ м}$$

ОК

7.3 УСТОЙЧИВОСТЬ СКОЛЬЖЕНИЯ

7.3.1 Изучение при минимальном уровне воды

(1) Формула

$$H_0 = c A_e + P_V \tan \varphi$$

Коэффициент безопасности $F_s > 1.5$

Где H_0 : Сила сопротивления сдвигу между плитой основания и грунтом (кН)

A_e : Фактическая площадь нагрузки (m^2)

P_V : Вертикальное усилие на плиту основания с учетом плавучести (кН)

c : Сцепление между плитой основания и грунтом ($кН/м^2$)

φ_b : Угол трения между плитой основания и грунтом (градус = $2 / 3 \varphi$)

(2) Нагрузка

- Активное давление грунта

Согласно "7.2 УСТОЙЧИВОСТЬ ОПРОКИДЫВАНИЯ (2) Нагрузка";

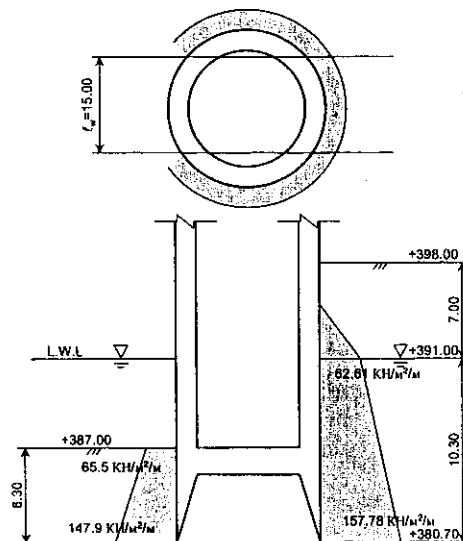
Выс. отметка (м)	P_a ($кН/м^2 / м$)
394.73	0.0
391.00	62.6
380.70	157.8

$$P_{a1} = \frac{1}{2} \times 62.6 \times (394.73 - 391.0) = 116.7 \text{ кН/м}$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \times (62.6 + 157.8) \times 10.3 = 1,135.1 \text{ кН/м}$$

$$= 1,251.8 \text{ кН/м}$$

$$P_a = 1,251.8 \times 15.0 = 18,777 \text{ кН}$$



- Пассивное давление грунта

$$p_p = K_p \gamma h + 2 c \sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi / 2)$$

Выс. отметка (м)	K_p	γ ($кН/м^3$)	h (м)	P_p ($кН/м^2 / м$)
387.0	1.19	11.0	0.00	65.5
380.7			6.30	147.9

$$P_p = \{(65.5 + 147.9) \times 6.30 / 2\} \times 23.0 = 15,461 \text{ кН}$$

- Горизонтальное усилие моста

$$P_{HВ} = 214.4 \text{ кН}$$

- Вертикальное усилие

Согласно "7.2.1 Изучение при минимальном уровне воды (2) Нагрузка";

$$P_V = 125,511 \text{ кН}$$

$$P_w = 44,295 \text{ кН}$$

$$P_V' = 125,511 - 44,295$$

$$= 81,216 \text{ кН}$$

(3) Проверка безопасности

- Сила сопротивления сдвигу

$$H_0 = c A_e + P_V' \tan \varphi_b$$

$$= 30.0 \times (\pi \times 23.40^2 / 4) + 81,216 \times \tan(2 / 3 \times 5) = 12,902 + 4,730$$

$$= 17,632 \text{ кН}$$

- Проверка безопасности

$$F_s = \frac{P_p + H_0}{P_a + P_{HВ}} = \frac{15,461 + 17,632}{18,777 + 214} = 1.74 > F_s = 1.5$$

OK

7.3.2 Изучение при максимальном уровне воды

(1) Формула

$$H_u = c A_c + P_v \tan \varphi$$

Коэффициент безопасности $F_s > 1.5$

Где H_u : Сила сопротивления сдвигу между плитой основания и грунтом (кН)

A_c : Фактическая площадь нагрузки (m^2)

P_v : Вертикальное усилие на плиту основания с учетом плавучести (кН)

c : Сцепление между плитой основания и грунтом ($кН/м^2$)

φ : Угол трения между плитой основания и грунтом (градус = $2/3 \varphi$)

(2) Нагрузка

- Активное давление грунта

Согласно "7.2.2 Изучение при максимальном уровне воды (2) Нагрузка";

Выс. отметка (м)	P_a ($кН/м^2 / м$)
398.00	0.0
392.00	0.0
380.70	104.9

$$P_a = \frac{1}{2} \times 104.9 \times 11.3 \times 15 = 8,890 \text{ кН}$$

- Пассивное давление грунта

Согласно "7.3.1 Изучение при минимальном уровне воды"

$$P_p = 15,461 \text{ кН}$$

- Вертикальное усилие

Согласно "7.2.2 Изучение при максимальном уровне воды (2) Нагрузка";

$$P_v = 125,511 \text{ кН}$$

$$P_w = 101,922 \text{ кН}$$

$$P_v' = 125,511 - 101,922$$

$$= 23,589 \text{ кН}$$

(3) Проверка безопасности

- Сила сопротивления сдвигу

$$H_u = c A_c + P_v' \tan \varphi$$

$$= 30.0 \times (\pi \times 23.40^2 / 4) + 23,589 \times \tan(2/3 \times 5) = 12,902 + 1,374$$

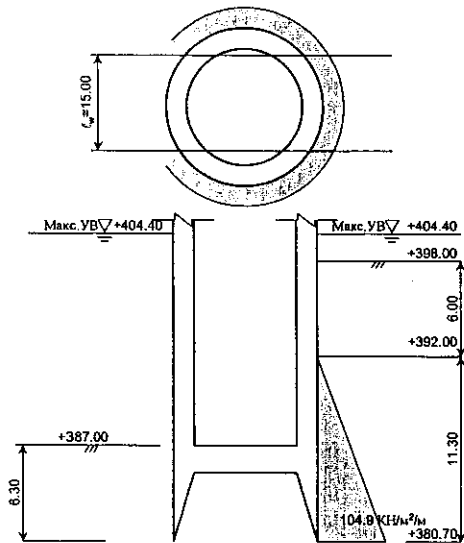
$$= 14,276 \text{ кН}$$

- Проверка безопасности

$$F_s = \frac{P_p + H_u}{P_a + P_{пв}} = \frac{15,461 + 14,276}{8,890 + 214} = 3.27 > F_s = 1.5$$

OK

A.6-26



ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЬДА

Прочностные характеристики льда при сжатии R_c и изгибе R_f определяются по формулам:

$$R_c = \sqrt{1/N \sum (C_i + \Delta_i)^2}$$

$$R_f = 0,4(C_b + \Delta_b)$$

Где: $N = 4$, – количество слоев одинаковой толщины, на которое разбивается ледяное поле,

Разбивка на 4 слоя принята из условия строения ледяного поля по толщине для водохранилищ, где толщина зернистого льда составляет $0,25h_d$, толщина призматического льда $0,75h_d$.

Расчетная толщина ровного льда $h_d = 0,8h = 0,8 * 2,0 = 1,6$ м

Тогда толщина слоя льда равна $1,6/4 = 0,4$ м

По табл.27 определяем значение $(C_i + \Delta_i)$ для каждого слоя в зависимости от вида льда и его температуры в слое.

Температура льда в каждом слое:

1. $t_1 = t_n * z_1 = -11,7 * 1,4 = -16,4^\circ\text{C}$
2. $t_2 = t_n * z_2 = -11,7 * 1,0 = -11,7^\circ\text{C}$
3. $t_3 = t_n * z_3 = -11,7 * 0,6 = -7,02^\circ\text{C}$
4. $t_4 = t_n * z_4 = -11,7 * 0,2 = -2,34^\circ\text{C}$

по табл.27

1. $4,8 \pm 0,5$
2. $5,3 \pm 0,4$
3. $4,1 \pm 0,3$
4. $3,5 \pm 0,3$

ЛЕДОВЫЕ НАГРУЗКИ

НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Тогда:

$$R_c = \sqrt{[(4,8+0,5)^2 + (5,3+0,4)^2 + (4,1+0,3)^2 + (3,5+0,3)^2]}/4 = \underline{23,60 \text{ МПа}}$$

$$R_f = [(4,8+0,5) + (5,3+0,4) + (4,1+0,3) + (3,5+0,3)]*0,4 = \underline{7,68 \text{ МПа}}$$

НАГРУЗКИ ОТ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ НА СООРУЖЕНИЯ

Сила от воздействия движущихся ледяных полей на сооружение с вертикальной передней гранью в виде полуциркульного очертания определяется по формуле:

$$F_{c,p} = 0,04 \nu h_d \sqrt{m A k_b k_v R_c \operatorname{tg} \gamma} = 0,04 * 0,15 * 1,6 * \sqrt{0,383 * 100 * 1,85 * 0,3 * 23,6 * 2,7475} = 0,52 \text{ МН}$$

А.6-28

$$\text{Где: } \nu = 5 * 0,03 = 0,15 \text{ м/с}$$

$$m = 0,83 \text{ (табл. 29)}$$

$$A = 100 \text{ м}^2$$

$$k_b = 1,85 \text{ (табл.30) при } b/h_d = 23,4/1,6 = 14,6$$

$$k_v = 0,3 \text{ (табл.30) при } \nu/4b = 5/4/23,4 = 0,053$$

$$\operatorname{tg} 70^\circ = 2,7475$$

При этом сила $F_{c,p} < F_{b,p} = m k_b k_v R_c h_d = 0,83 * 1,85 * 0,3 * 23,6 * 1,6 = 17,4 \text{ МН}$
Так как максимальная площадь ледяного поля не известна, принимаем $F_{c,p} = F_{b,p} = \underline{17,4 \text{ МН}}$

Сила от воздействия остановившегося ледяного поля, навалившегося на сооружение, определяется по формуле:

$$F_s = (P_\mu + P_U + P_i + P_{\mu,a}) A = (0,00002 + 0,00011 + 0,000015 + 0,000002) * 100 = 0,0147 \text{ МПа}$$

$$\text{Где: } P_\mu = 5 * 10^{-6} v_{\max}^2 = 5 * 10^{-6} * 2^2 = 0,00002 \text{ МПа}$$

$$P_U = 5 * 10^{-4} (h_d * v_{\max}^2 / L_m) = 5 * 10^{-4} (1,6 * 2^2 / 30) = 0,00011 \text{ МПа}$$

$$P_i = 9,2 * 10^{-3} h_d \Gamma = 9,2 * 10^{-3} * 1,6 * 0,001 = 0,000015 \text{ МПа}$$

$$P_{\mu,a} = 2 * 10^{-8} * V_{w,\max}^2 = 2 * 10^{-8} * 5^2 = 0,000002 \text{ МПа}$$

При этом сила F_s должна быть не больше силы $F_{b,w} = k k_v R_c b h_d = 0,55 * 0,1 * 23,60 * 23,4 * 1,6 = \underline{48,6 \text{ МН}}$

Точку приложения равнодействующей ледяной нагрузки необходимо принимать ниже расчетного уровня воды на $0,2 h_d$ в зимний период, а в период весеннего ледохода – на $0,4 h_d$.

НАГРУЗКИ НА СООРУЖЕНИЕ ОТ СПЛОШНОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПРИ ЕГО ТЕМПЕРАТУРНОМ РАСШИРЕНИИ

Горизонтальная линейная нагрузка (на 1 пог.м длины по фронту сооружения) от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении определяется по графикам рис.40 в зависимости от перепада температуры воздуха и соответствующих им реальных и приведенных толщин льда.

$$G = 0,35 \text{ МН/м (максимальное значение)}$$

Определен по графику рис.40 при температурном перепаде 20°C и приведенной толщине льда равной:

$$h_{\text{ред}} = h_c + 1,43 h_s + h_r = 2 + 1,43 * 0,4 + 0,14 = 2,712 \text{ м}$$

$$G = 0,35 \text{ МН/м} < R_{bt} = 0,95 \text{ МПа} * 1,0 \text{ м} = 0,95 \text{ МН/м}$$

Где : $R_{bt} = 0,95 \text{ МПа}$ – для бетона кл.В25