

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
Кафедра водных путей и гидротехнических сооружений

Курсовой проект
по дисциплине: «Проектирование речных водно-транспортных
сооружений»
по теме
Судоходный шлюз

Выполнил: студент ОМС (м) - 1

Севрюгин С.А.

Проверил:

Милицын Д.А.

Нижний Новгород

2023

Содержание

Содержание	2
Введение	3
1. Подходные каналы и подходы к шлюзу	5
2 Режим движения судна по каналу	6
3 Расчет габаритных размеров шлюза	9
3.1 Определение голов шлюза	10
3.2.2 Нижняя голова	13
4 Определение основных конструктивных размеров камеры шлюза	15
4.1 Определение реакции основания	15
4.2 Проверка несущей способности основания	18
4.3 Проверка камеры на всплытие	19
Заключение	20
Список используемых источников	21

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						2
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Введение

По заданному типу или габаритам судов, расчетному напору на шлюз студент должен рассчитать основные габариты одностороннего однокамерного шлюза и подобрать соответствующий типовой шлюз, выполнить гидравлический расчет наполнения камеры шлюза, выполнить расчет камеры шлюза, рассчитать габариты подходного канала, установить режим движения судна.

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						3
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Исходные данные:

1. Расчетное судно RSD44:

$$L_c = 139,97 \text{ м};$$

$$B_c = 16,80 \text{ м};$$

$$T_c = 3,60 \text{ м};$$

2. Заложение откоса – 1:3;

3. Высота надводной части канала – 3 м;

4. Крепление откоса – бетонные плиты.

$$\text{УВБ} = 47,1 \text{ мБс}, \text{УНБ} = 39,6 \text{ мБс};$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						4
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

1. Подходные каналы и подходы к шлюзу

Расчетная глубина подходных каналов, отсчитываемая от наинизшего судоходного уровня, должна составлять на всей расчетной ширине судового хода не менее:

$$h_0 = 1,3 \cdot T_c; \quad (1)$$

где T_c – осадка расчетного судна, м;

$$h_0 = 1,3 \cdot 139,97 = 4,68 \text{ м};$$

Ширина судового хода в канале на уровне дна принимается:

$$B_0 = 2,6 \cdot B_c; \quad (2)$$

где B_c – ширина расчетного судна, м;

$$B_0 = 2,6 \cdot 16,80 = 43,68 \text{ м};$$

Ширина канала по зеркалу при заложении откоса $m=3$ определяется:

$$B = B_0 + 2mh_0; \quad (3)$$

$$B = 43,68 + 2 \cdot 3 \cdot 4,68 = 71,76 \text{ м}.$$

Приняв форму сечения канала трапецеидальной, определяется по формуле:

$$\Omega_k = \frac{B + B_0}{2} \cdot h_0 = \frac{71,76 + 43,68}{2} \cdot 4,68 = 270,13 \text{ м}^2;$$

Для дальнейших расчетов необходимо найти коэффициент стеснения живого сечения канала:

$$n = \frac{\Phi}{\Omega_k}; \quad (4)$$

где Φ – Площадь погруженной части мидель-шпангоута расчетного судна в полном грузу, м^2 ;

$$\Phi = \beta \cdot T_c \cdot B_c = 1,0 \cdot 3,6 \cdot 16,8 = 60,48 \text{ м}^2;$$

где $\beta = 1,0$ – коэффициент полноты по мидель шпангоуту для грузовых судов.

Таким образом из формулы (4):

$$n = \frac{\Phi}{\Omega_k} = \frac{60,48}{270,13} = 0,22.$$

Длина участка подхода, в пределах которого происходит расхождение

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						5
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

встречных судов и составов, должна приниматься по формуле:

$$L_n = L_1 + L_2 + L_3; \quad (5)$$

Длина первой части L_1 , примыкающей к шлюзу, принимается равной длине расчетного судна или состава L_c . Длина второй части L_2 , на которой состав при встречном движении переходит с оси шлюза на ось судового хода в канале, принимается по формуле:

$$L_2 = \sqrt{L_c^2 + C \cdot (4R - C)} \quad (6)$$

где $R = 3L_c$ – радиус траектории центра тяжести судна (радиус поворота), м;

C – смещение оси судового хода относительно оси шлюза, м:

$$C = B_c + 0,5\Delta B_0 + \alpha = 16,80 + 0,5 \cdot 18,66 + 3,36 = 29,46 \text{ м}; \quad (7)$$

где ΔB_0 – уширение канала, м, определяется по формуле

$$\Delta B_0 = 0,4 \cdot \frac{L_c^2}{R} = 0,4 \cdot \frac{139,97^2}{419,91} = 18,66 \text{ м}; \quad (8)$$

$$\alpha = 0,2B_c = 0,2 \cdot 16,80 = 3,36; \quad (9)$$

Таким образом, из формулы (6):

$$L_2 = \sqrt{139,97^2 + 29,46 \cdot (4 \cdot 419,91 - 29,46)} = 261,16 \text{ м};$$

Длина третьей части L_3 принимается равной не менее длины расчетного судна или состава, м:

$$L_3 = L_c \quad (10)$$

Переход от уширенного сечения подходного канала к нормальному следует производить постепенно по длине, м:

$$L_4 \geq 20\Delta B_0 = 20 \cdot 18,66 = 373,2 \text{ м}; \quad (11)$$

Длина ходового пала принимается равной $L_{хп} = 0,8L_c = 111,97$ м, длина неходового пала $L_{нхп} = 0,5L_c = 69,98$ м.

2 Режим движения судна по каналу

Максимальная скорость движения судов во избежание значительного сопротивления движению должна составлять не более 0,9 критической скорости.

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						6
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

$$v_{max} \leq 0,9v_k; \quad (12)$$

Критическая скорость определяется по формуле:

$$v_k = Fr \sqrt{g \cdot \frac{\Omega_k}{B}}; \quad (13)$$

где $B = 71,76$ – ширина канала по зеркалу воды, м;

$Fr = 0,45$ – число Фруда, определяемое по графику;

$$v_k = 0,45 \sqrt{9,81 \cdot \frac{270,13}{71,76}} = 2,73 \text{ м/с};$$

Средняя скорость потока обтекания относительно судна, определяется:

$$v_1 = Fr1 \sqrt{g \cdot \frac{\Omega_k}{B}}; \quad (14)$$

$$v_1 = 0,45 \sqrt{9,81 \cdot \frac{270,13}{71,76}} = 4,61 \text{ м/с};$$

Определяется допустимая скорость движения судна:

$$v_c = \frac{h_{cb} \cdot (1 - n)^{2,5} \cdot g}{1,6 \cdot \sqrt{\frac{\delta T_c}{L_c}}}; \quad (15)$$

где h_{cb} – максимально допустимая расчетная высота волны у берега канала, м;

$\delta = 0,8$ – коэффициент полноты водоизмещения для грузовых самоходных судов.

Максимально допустимая высота волны определяется по формуле:

$$h_{cb} = \frac{h_{hb}}{3,2 \cdot k_1 \cdot \tan \alpha}; \quad (16)$$

где h_{hb} – допустимая высота наката судовой волны, м

$$h_{hb} = h_{hk} - h_3 = 3 - 1 = 2 \text{ м} \quad (17)$$

где h_{hk} – высота надводной части откосов канала, м;

$h_3 = 1,0$ – запас, обеспечивающий отсутствие перелива воды через бровку откосов канала;

$k_1 = 1,25$ – коэффициент, зависящий от степени шероховатости

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						7
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

крепления откоса, для бетонных плит;

α – угол, образуемый откосом дамбы с горизонтом, град

$$\tan \alpha = \frac{1}{m} = \frac{1}{3} = 0,33 \quad (18)$$

где m – заложение откоса канала.

Таким образом, из формулы (16):

$$h_{\text{св}} = \frac{2}{3,2 \cdot 1,25 \cdot 0,33} = 1,51 \text{ м};$$

Таким образом, скорость равняется:

$$v_c = \sqrt{\frac{1,51 \cdot (1 - 0,22)^{2,5} \cdot 9,81}{1,6 \cdot \sqrt{\frac{0,8 \cdot 3,60}{139,97}}}} = 5,85 \text{ м/с}.$$

$v_c = 5,85 \text{ м/с} > 0,9v_k = 2,45 \text{ м/с}$ – Таким образом скорость движения в канале принимается равно $2,45 \text{ м/с}$.

Среднее понижение уровня воды по длине судна при его движении определяется по формуле:

$$\Delta H_k = \frac{v_1^2 - v_c^2}{2g} = \frac{4,61^2 - 2,45^2}{2 \cdot 9,81} = 0,78; \quad (19)$$

Дополнительная осадка судна с дифферентом на корму при его движении определяется по формуле:

$$T_k = \alpha_1 \cdot \Delta H_k = 1,1 \cdot 0,78; \quad (20)$$

$\alpha_1 = 1,1$ коэффициент, принимаемый в зависимости от соотношения размеров судна $\frac{L_c}{B_c} = 8,33$.

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						8
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

3 Расчет габаритных размеров шлюза

Полезная длина камеры, в пределах которой размещается шлюзующийся состав, судно или группа судов принимается не менее:

$$L_{\text{ПК}} = \sum_1^n L_c + (n + 1)\Delta L; \quad (21)$$

где $\sum_1^n L_c$ – сумма расчетных судов или составов, шлюзуемых одновременно, устанавливаемых в камере шлюза в кильватер, м;

n – число одновременно шлюзующихся судов или составов, устанавливаемых в камере шлюза в кильватер;

ΔL – запас по длине камеры в каждую сторону и между судами или составами, устанавливаемыми в кильватер, м.

Запас по длине ΔL принимается для шлюзов на внутренних водных путях не менее:

$$\Delta L = 1 + 0,015 \cdot L_{\text{с.ср.}}; \quad (22)$$

где $L_{\text{с.ср.}}$ – средняя длина смежных судов или составов, м.

$$\Delta L = 1 + 0,015 \cdot 139,97 = 1,21 \text{ м};$$

$$L_{\text{ПК}} = 2 \cdot 139,97 + (2 + 1) \cdot 1,21 = 283,57 \text{ м}.$$

Полезная ширина камеры принимается не менее:

$$B_{\text{ПК}} = \sum B_c + 2 \cdot \Delta B; \quad (23)$$

где $\sum B_c$ – сумма ширины одновременно шлюзующихся (рядом стоящих) расчетных судов или расчетных составов, м;

ΔB – запас по ширине камеры с каждой стороны от группы шлюзующихся судов или составов, м.

$$B_{\text{ПК}} = 16,8 + 2 \cdot 0,4 = 17,4 \text{ м};$$

Минимальная глубина в камере шлюза отсчитывается от наинизшего судоходного уровня в нижнем бьефе и в предварительных расчетах принимается:

$$S_{\text{ПК}} = T_c + \Delta S_R + \delta_{\text{min}}; \quad (24)$$

где T_c – статическая осадка расчетного судна в полном грузу, м;

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						9
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

ΔS_R – дополнительные осадки судна при его движении на заходе в камеру шлюза (не учитывается), м;

δ_{min} – минимальный запас воды под днищем судна на ходу, принимаем равным:

$$\delta_{min} = 0,1 \cdot T_c = 0,1 \cdot 3,6 = 0,36; \quad (25)$$

$$S_{ПК} = 3,6 + 0,36 = 3,96 \text{ м.}$$

Таким образом, рассчитанные габариты шлюза следует привести к типовым размерам, округляя их в большую сторону.

$$L_{ПК} = 300 \text{ м}, B_{ПК} = 18 \text{ м}, S_{ПК} = 4,5 \text{ м.}$$

3.1 Определение голов шлюза

3.1.1 Верхняя голова

Полная длина верхней голов определяется по формуле:

$$L_{ВГ} = l_{ВХ} + l_{У.А} + l_{У.Р} + 2b_B; \quad (26)$$

где $l_{ВХ}$ – входная часть, м;

$l_{У.А}, l_{У.Р}$ – упорная часть аварийно-ремонтных и рабочих ворот соответственно, м;

b_B – толщина ворот, м.

Указанные размеры назначаются следующим образом:

$$l_{ВХ} = (0,3 \div 0,5)H_B = 0,5 \cdot 5,0 = 2,5 \text{ м}; \quad (27)$$

$$l_{У.А} = H_B = 5,0 \text{ м}; \quad (28)$$

$$l_{У.Р} = (1,3 \div 1,5)H_B = 1,5 \cdot 5,0 = 7,5 \text{ м}; \quad (29)$$

$$b_B = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10} \right) B_{ПК} = 0,1 \cdot 18 = 1,8 \text{ м}; \quad (30)$$

где $H_B = S_{ПК} + 0,5 = 4,5 + 0,5 = 5,0$ м – высота ворот.

$$L_{ВГ} = 2,5 + 5,0 + 7,5 + 2 \cdot 1,8 = 18,6 \text{ м};$$

Глубина пазов для ворот в устоях:

$$d_{п} = 0,06B_{ПК} + 0,5 = 0,06 \cdot 18 + 0,5 = 1,58 \text{ м}; \quad (31)$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						10
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Для верхней головы шлюза с наполнением из-под рабочих ворот определяются размеры камеры гашения и успокоительного участка. При этом расчёты выполняют следующим образом:

1) определяется допустимая величина скорости подъёма затвора:

$$V_3 \leq \frac{\sqrt{g} \cdot (\omega_k - \otimes) P_{\text{доп}}}{\mu \cdot B_{\text{ПК}} \cdot \sqrt{2 \cdot S_{\text{ПК}} W}}; \quad (32)$$

$\mu = 0,5$ – коэффициент расхода системы питания;

ω_k – площадь смоченной части поперечного сечения камеры шлюза, в начальный момент наполнения шлюза:

$$\omega_k = B_{\text{ПК}} \cdot h_{\text{нк}} = 18 \cdot 4,5 = 81 \text{ м}^2; \quad (33)$$

$B_{\text{ПК}}$ – полная ширина камеры шлюза, м;

$h_{\text{нк}}$ – начальная глубина в камере, м. Если отметка дна подходного канала и шлюза совпадают, то $h_{\text{нк}} = S_k$;

$\otimes$ – площадь смоченной части миделевого шпангоута расчетного судна (состава), м^2 ;

$$\otimes = B_c \cdot T_c = 16,8 \cdot 3,6 = 60,48 \text{ м}^2; \quad (34)$$

$P_{\text{доп}}$ – допустимая гидродинамическая сила, действующая на шлюзующееся судно (состав):

$$P_{\text{доп}} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{W} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{7412} = 5,85 \text{ тс}; \quad (35)$$

W – водоизмещение расчетного судна (состава).

$$V_3 \leq \frac{\sqrt{9,81} \cdot (81 - 60,48) \cdot 5,85}{0,5 \cdot 18 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,5 \cdot 7412}} = 0,00187 \text{ м/с}; \quad (36)$$

2) вычисляется время движения затвора при условии, что высота подъема принимается 2 м:

$$t_3 = \frac{h_0}{V_3} = \frac{2}{0,00187} = 1064,5 \text{ сек}; \quad (37)$$

3) определяется полная площадь водопропускного отверстия:

$$\omega_0 = B_{\text{ПК}} \cdot h_0 = 18 \cdot 2 = 36 \text{ м}^2; \quad (38)$$

4) вычисляется объём камеры гашения:

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						11
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

$$V_{\text{КГ}} = 11,3 \cdot A \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega_0 \cdot \Omega \cdot (H_{\text{ЗАТ}})^{0,5} \cdot H^2}{t_3}}; \quad (39)$$

где $A = 0,2$ – коэффициент пропорциональности (характеризует эффективность гасительных устройств);

$H_{\text{ЗАТ}}$ – напор в момент затопления отверстия, м:

$$H_{\text{ЗАТ}} = S_{\text{ПК}} - 0,5 \cdot h_0 = 4,5 - 0,5 \cdot 2 = 3,5 \text{ м}; \quad (40)$$

H – напор на камеру шлюза, м;

Ω – площадь зеркала камеры, определяемая формулой:

$$\Omega = B_{\text{ПК}} \cdot L_{\text{ПК}} = 18 \cdot 300 = 5400 \text{ м}^2; \quad (41)$$

$$V_{\text{КГ}} = 11,3 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot 36 \cdot 5400 \cdot (3,5)^{0,5} \cdot 7,5^2}{1064,5}} = 221,54 \text{ м}^3;$$

5) находится длина камеры гашения:

$$l_{\text{КГ}} = \frac{V_{\text{КГ}}}{B_{\text{ПК}} \cdot h_{\text{СТ.П.}}}; \quad (42)$$

где $h_{\text{СТ.П.}} = H = 7,5 \text{ м}$.

$$l_{\text{КГ}} = \frac{221,54}{18 \cdot 7,5} = 1,64 \text{ м}.$$

Элементы камеры гашения принимаются конструктивно:

- глубина колодца $G_K = 2 \div 3 \text{ м}$;

Длина успокоительных участков камеры шлюза находится по формуле:

$$l_y = 11,3A \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega_0 \cdot L_R \cdot (H_{\text{ЗАТ}})^{0,5}}{t_3 \cdot B_{\text{ПК}}}} \cdot \frac{H^{\frac{3}{2}}}{S_{\text{ПК}} + 0,33H}; \quad (43)$$

L_R – полная длина камеры шлюза, равная:

$$L_R = l_{\text{КГ}} + L_{\text{ПК}} + l_y + l_{\text{ШК}}; \quad (44)$$

$l_{\text{ШК}}$ – длина шкафной ниши нижней головы:

$$l_{\text{ШК}} = 1,1l_{\text{СТВ}}; \quad (45)$$

$l_{\text{СТВ}}$ – длина створки ворот:

$$l_{\text{СТВ}} = \frac{B_{\text{ПК}}}{2 \cdot \cos \theta} = \frac{18}{2 \cdot \cos 20} = 9,57 \text{ м}; \quad (46)$$

$$\theta = 18^\circ \div 22^\circ$$

$$l_{\text{ШК}} = 1,1 \cdot 9,57 = 10,53 \text{ м}.$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						12
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Первое приближение $l_y = 0$, тогда

$$L_R = 1,64 + 300 + 0 + 10,53 = 312,17 \text{ м};$$

Второе приближение $L_R = 312,17 \text{ м}$, тогда

$$l_y = 11,3A \sqrt{\frac{0,5 \cdot 36 \cdot 312,17 \cdot (3,5)^{0,5}}{1064,5 \cdot 18}} \cdot \frac{7,5^{\frac{3}{2}}}{4,5 + 0,33 \cdot 7,5} = 3,67 \text{ м};$$

$$L_R = 1,64 + 300 + 3,67 + 10,53 = 315,84 \text{ м}.$$

3.2.2 Нижняя голова

В данной работе рассматривается вариант системы опорожнения через короткие обходные галереи.

$$l_{BX} = 3 \text{ м};$$

$$l_{ШК} = 10,53 \text{ м} - \text{из формулы (25)}$$

$$l_1 = (2 \div 3) \cdot b_r + (4 \div 5) = 2 \cdot 3,5 + 4 = 12 \text{ м}; \quad (47)$$

Суммарная площадь сечения (левой и правой) коротких галерей опорожнения определяется из условия обеспечения допустимых величин гидродинамических сил, действующих на расчётное судно:

$$\omega_r = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{P_{\text{доп}} \Omega(\omega_k - \otimes)}{W}} = \frac{1}{0,5} \sqrt{\frac{5,85 \cdot 5400 \cdot (81 - 60,48)}{7412}} = 18,7 \text{ м}^2; \quad (48)$$

Принимая сечение квадратным, находят размер стороны галереи, с округлением в большую сторону до 0,5 м:

$$h_r = b_r = \sqrt{\frac{\omega_r}{2}} = \sqrt{\frac{18,7}{2}} = 3,05 \text{ м} \quad (49)$$

$$h_r = b_r = 3,5 \text{ м}.$$

$$l_2 = \frac{1,1 \cdot B_{\text{ПК}}}{2 \cdot \cos \theta} \cdot \sin \theta + (2 \div 3) = \frac{1,1 \cdot 18}{2 \cdot \cos 20} \cdot \sin 20 + 2 = 5,6 \text{ м} \quad (50)$$

Для уменьшения потерь напора на входе и выходе сечения галерей увеличивают в 1,5 и в 2 раза, соответственно. Таким образом, при неизменной высоте галерей будем иметь:

$$b_{BX} = 1,5b_r = 1,5 \cdot 3,5 = 5,25 \text{ м} \quad (51)$$

$$b_{\text{ВЫХ}} = 2b_r = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ м} \quad (52)$$

Радиусы закругления осей галерей на поворотах: на входе $R_{BX} = 2b_{BX} =$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						13
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

10,5 м, на выходе – при двух выходных отверстиях в каждом устье головы

$$R_{\text{ВЫХ}} = 2b_{\text{ВЫХ}} = 14 \text{ м.}$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						14
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

4 Определение основных конструктивных размеров камеры шлюза

В данной работе конструкция принимается доковая конструкция камеры шлюза. Высота стенки камеры принимается равной $H_{\text{ст}} = 14,2$ м. Толщина стен по низу камеры принимается равной $b_{\text{ст}} = 0,1 \cdot H_{\text{ст}} = 0,1 \cdot 14,2 = 1,42$ м = 1,5 м. толщина стен по верху стенки принимается равной 1 м. Толщина днища $h_{\text{дн}} = \frac{1}{6} \cdot 18 = 3$ м.

Схема конструкции камеры докового типа представлена на рисунке 1.

4.1 Определение реакции основания

Условно считается, что балка опирается на основание через систему фиктивных стержней, расположенных на равном расстоянии друг от друга. В результате получается эпюра реактивного давления грунта основания, как реакция фиктивных стержней. Эпюра получается ступенчатой (рис. 8). Расчёт ведётся с помощью таблиц, составленных для элементарных схем нагрузок. Для определения по таблицам эпюры реакции основания нагрузки, действующие на камеру, должны быть приведены к следующим четырем расчетным нагрузкам:

1. Сосредоточенным силам P от веса стен, вертикальной составляющей давления засыпки и толпы людей, приложенным к концам балки.

2. Равномерно распределенной нагрузке q от веса плиты днища, воды на ней и противодействия.

3. Сумме моментов M , учитывающей моменты, проявляющиеся вследствие переноса сосредоточенных сил относительно подошвы днища.

4. При грузке от обратной засыпки $q_{\text{пр}}$.

5. Сосредоточенным силам P от веса стен, вертикальной составляющей давления засыпки и толпы людей, приложенным к концам балки.

6. Равномерно распределенной нагрузке q от веса плиты днища, воды на ней и противодействия.

7. Сумме моментов M , учитывающей моменты, проявляющиеся

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						15
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

вследствие переноса сосредоточенных сил относительно подошвы днища.

Подсчет нагрузок, действующих на камеру сведен в таблице 1

Таблица 1 – Подсчет силы Р и суммы моментов М (камера докового типа с неразрезным днищем)

Наименование нагрузки	Индекс по рис. 1.12 а	Вычисленные нагрузки	Коэффициент перегрузки n (по табл. 1)	Величина силы		Плечо относительно точки «О», м	Момент от переноса силы на конец балки, кН*м
				Нормативная, кН	Расчетная, кН		
1	2	3	4	5	6	7	8
Собственный вес стены	G	358,83	1,05	358,83	376,77	$l_1=0,87$	327,79
Вертикальная составляющая давления засыпки	$G_{ГР}$	62,38	1,1	62,38	68,62	$l_2=0,19$	11,85
Нагрузка от толпы	$G_T=q_T b_{CT}$	7,5	1,2	7,5	9,0	$b_{CT}/2=0,75$	6,75
Сосредоточенная сила, кН					$\Sigma P=454,39$		
Боковое давление грунта на стену	E	1 271,35	1,2	1 271,35	1 525,62	$l_3=8,34$	12 723,67
Боковое давление воды из засыпки на стену	W_3	3 072,98	1	3 072,98	3 072,98	$l_4=2,83$	8 696,53
Сумма моментов, кН*м							$\Sigma M=21 766,59$

При определении $G_{ГР}$ удельный вес грунта, лежащего ниже УГВ, принимается равным $\gamma_{ГР} = \gamma_{НАСЫЩ}$. Нагрузка от толпы $q_T = 0,5^{mc} / m^2 = 5 \text{ кН/м}$

Боковое давление грунта вычисляется по формуле

$$E = 0,5 \gamma_{ВЗВ} h_{ПРИВ}^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ВЗВ}}{2} \right); \quad (53)$$

$$E = 0,5 \cdot 10 \cdot 25,03^2 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{25}{2} \right) = 1 271,35 \text{ кН};$$

Где $h_{ПРИВ}$ - приведенная высота:

$$h_{ПРИВ} = h_{ВЗВ} + \frac{h_{ЕСТ} \gamma_{ЕСТ}}{\gamma_{ВЗВ}} \quad (54)$$

$$h_{ПРИВ} = 8,5 + \frac{8,7 \cdot 19}{10} = 25,03 \text{ м}$$

Боковое давление воды равно:

$$W_g = 0,5 h_{ПРИВ}^2 \gamma_{В, \text{тс}}; \text{ кН} \quad (55)$$

$$W_g = 0,5 \cdot 25,03^2 \cdot 9,81 = 3 072,98$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						16
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

При подсчете равномерно распределенной нагрузки днища $q_{\text{ДН}}$ равным:

$$q_{\text{ДН}} = \gamma_{\text{БЕТ}} h_{\text{ДН}}; \quad (56)$$

$$q_{\text{ДН}} = 25 \cdot 3 \cdot 1,05 = 78,75 \text{ МПа};$$

$$q_{\text{ВЗВ}} = \gamma_{\text{В}} h_{\text{ВЗВ}}; \quad (57)$$

$$q_{\text{ВЗВ}} = 10 \cdot 8,5 \cdot 1 = 85,0 \text{ МПа};$$

При широких засыпках по схеме прямоугольной пригрузки:

$$q_{\text{ПР}} = \frac{3}{4} \gamma_{\text{ЗАС}} H_{\text{ЗАС}} n; \quad (58)$$

$$q_{\text{ПР}} = \frac{3}{4} \cdot (10 \cdot 8,5 + 19 \cdot 8,7) \cdot 1,05 = 197,11 \text{ МПа};$$

В результате проведенных расчетов определены величины P , q , M , $q_{\text{ПР}}$, по которой составляется расчетная схема балки на упругом основании.

Вычисляется показатель гибкости балки:

$$t \cong 10 \frac{E_0}{E_1} \cdot \frac{l^3}{h_{\text{ДН}}^3} \quad (59)$$

где E_0 – модуль деформации грунта основания;

E_1 – модуль упругости бетона днища шлюза.

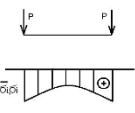
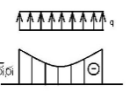
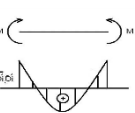
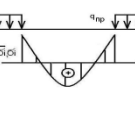
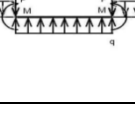
$$t \cong 10 \cdot \frac{30}{2,4 \cdot 10^4} \cdot \frac{10,5^3}{3^3} = 0,5$$

Рассчитанные ординаты эпюры сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Подсчет значений ординат эпюры реакции основания σ

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						17
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

нарезного днища камеры

Схема нагрузки и характер эпюры реакции основания	Единичные реактивные давления $\bar{\sigma}_i$ при x/l равных								Реактивные давления σ_i в тс/м ² (МПа) при x/l равных								Формулы для вычисления σ_i в тс/м ² (Мпа)
	1/16	3/16	5/16	7/16	9/16	11/16	13/16	15/16	1/16	3/16	5/16	7/16	9/16	11/16	13/16	15/16	
	0,389	0,417	0,474	0,565	0,705	0,928	1,264	3,258	16,83	18,04	20,51	24,44	30,51	40,15	54,69	140,97	$\sigma_i = \bar{\sigma}_i \frac{P}{b \cdot l}$ где $b=1$ м
	0,639	0,640	0,668	0,710	0,770	0,874	1,070	2,629	3,99	4,00	4,18	4,44	4,81	5,46	6,68	16,43	$\sigma_i = \bar{\sigma}_i q$
	0,732	0,700	0,632	0,521	0,342	0,052	-0,400	-2,579	144,51	138,20	124,77	102,86	67,52	10,26	-78,97	-509,17	$\sigma_i = \bar{\sigma}_i \frac{M}{b \cdot l^2}$ где $b=1$ м
	0,200	0,210	0,205	0,180	0,140	0,080	-0,040	-0,975	39,42	41,39	40,41	35,48	27,59	15,76	-7,88	-192,18	$\sigma_i = \bar{\sigma}_i q_{np}$
	Суммарные значения ординат эпюры реакций								204,75	201,63	189,87	167,22	130,43	71,63	-25,48	-543,95	$\sigma_i = \sum \sigma_i$

4.2 Проверка несущей способности основания

Проверка несущей способности основания производится исходя из 2-х условий:

1. Наименьшее реактивное давление основания не должно быть отрицательным

$$\sigma_{MIN} > 0 \quad (60)$$

$$-543,95 > 0$$

Условие не выполняется

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						18
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Наибольшее давление на основание не должно превышать его расчетной несущей способности. В соответствии с формулой при $n_c = 1$:

$$\sigma_{MAX} \leq \frac{mN_U}{K_H}; \quad (61)$$

$$204,75 \leq \frac{1,0 \cdot 30}{1,2} = 25 \text{ МПа} - \text{Условие не выполняется.}$$

где m – коэффициент условий работы, принимаемый:

- для песков (кроме пылеватых) – 1,0;
- для песков пылеватых и пылевато-глинистых грунтов – 0,9;

N_U – вертикальная составляющая предельного сопротивления основания;

4.3 Проверка камеры на всплывание

Камера, в данном курсовом проекте, проверяется на всплывание в ремонтном случае, в соответствии с формулой:

$$W_{\text{ПР}} \leq \frac{P_B}{K_H}; \quad (62)$$

где $W_{\text{ПР}}$ – противодействие воды, направленное вертикально вверх;

$$W_{\text{ПР}} = 2 \cdot l \cdot h_{\text{ВЗВ}} \cdot \gamma_{\text{ВЗВ}}; \quad (63)$$

P_B – сумма вертикальных сил, действующих сверху вниз, в ремонтном случае:

$$P_B = (G + G_{\text{ГР}} + q_{\text{ДН}} \cdot l \cdot 1) \cdot 2; \quad (64)$$

$$W_{\text{ПР}} = 2 \cdot 10,5 \cdot 8,5 \cdot 10 = 1785 \text{ кН}$$

$$P_B = (376,77 + 68,62 + 78,75 \cdot 10,5 \cdot 1) \cdot 2 = 2544,53 \text{ кН}$$

$$1785 \text{ кН} \leq \frac{2544,53}{1,2} = 2120,44 \text{ кН} - \text{условие не выполняется}$$

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						19
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Закключение

В ходе данного курсового проекта был произведен расчет габаритных размеров судоходного шлюза, подходных каналов к шлюзу, подходов к шлюзу, а также проверка камеры шлюза на всплытие и устойчивость камеры.

Глубина подходного канала составляет $h_0 = 4,68$ м, ширина судового хода в канале по дну составляет $B_0 = 43,68$ м. Максимальная скорость судна при движении по каналу составляет $2,45$ м/с.

Были подобраны размеры камеры шлюза и имеют следующие габариты:

- $L_{ПК} = 283,57$ м;
- $B_{ПК} = 17,4$ м;
- $S_{ПК} = 3,96$ м.

Были рассчитаны условия прочности основания и расчет камеры на всплытие. Условие прочности основания не выполняется, необходимо увеличить площадь основания. При расчете камеры на всплытие условие также не выполняется, следовательно необходимо менять габаритные размеры камеры шлюза.

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						20
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

Список используемых источников

1. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения;
2. СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения;
3. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов);
4. Правила плавания по внутренним водным путям;
5. Кустов Л.И. Фролов Р.Д. Белоглазов В.И., Водные пути. - М.: Транспорт, 1974;
6. Михайлов А.В. Головные системы питания судоходных шлюзов и их расчет. - М.: Издательство МРФ, 1951;
7. Борисевич С.П. Двухстворчатые ворота шлюза. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961;
8. Методы расчета устойчивости и прочности 62 гидротехнических сооружений / Под редакц. М.М. Гришина. - М.: Стройиздат, 1986

					ВГУВТ.35.21.779.01	Лист
						21
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

КОМПАС-3D v21 Непте © 2022 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ВГУВТ.35.23.779.02

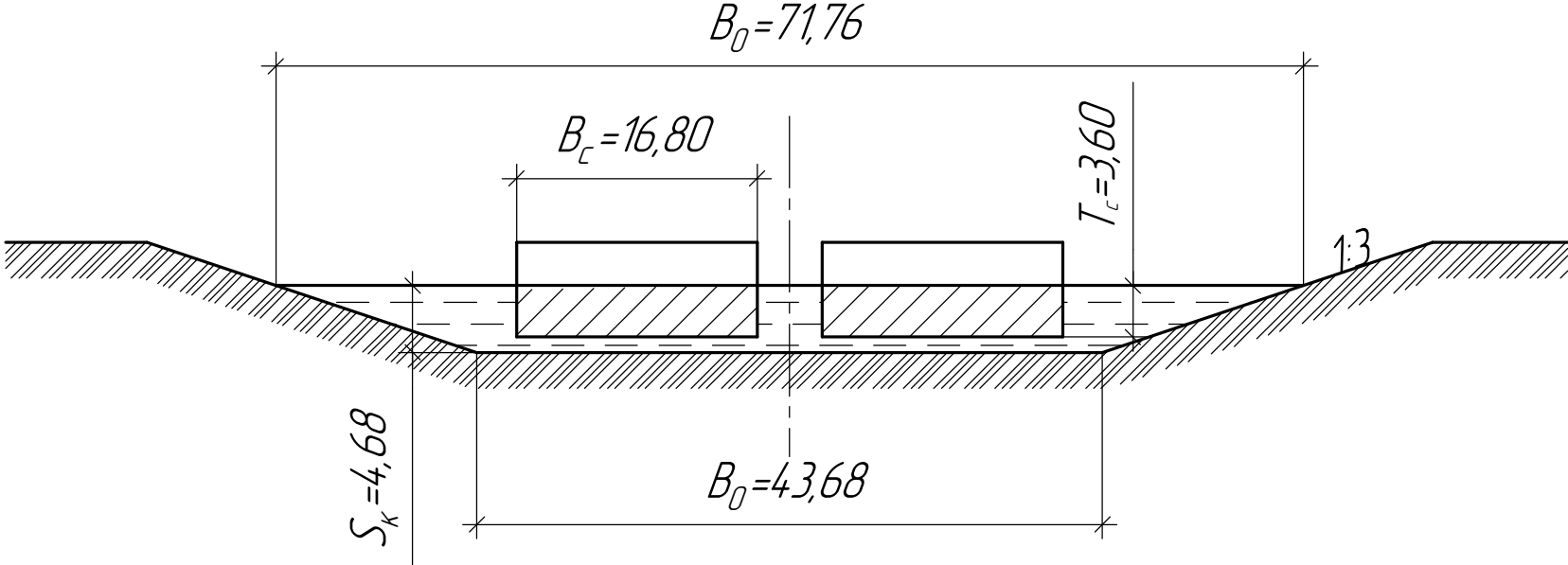


Рисунок 1 – Поперечное сечение канал
М 1:500

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВГУВТ.35.23.779.02

КОМПАС-3D v21 Непте © 2022 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ВГУВТ.35.23.779.02

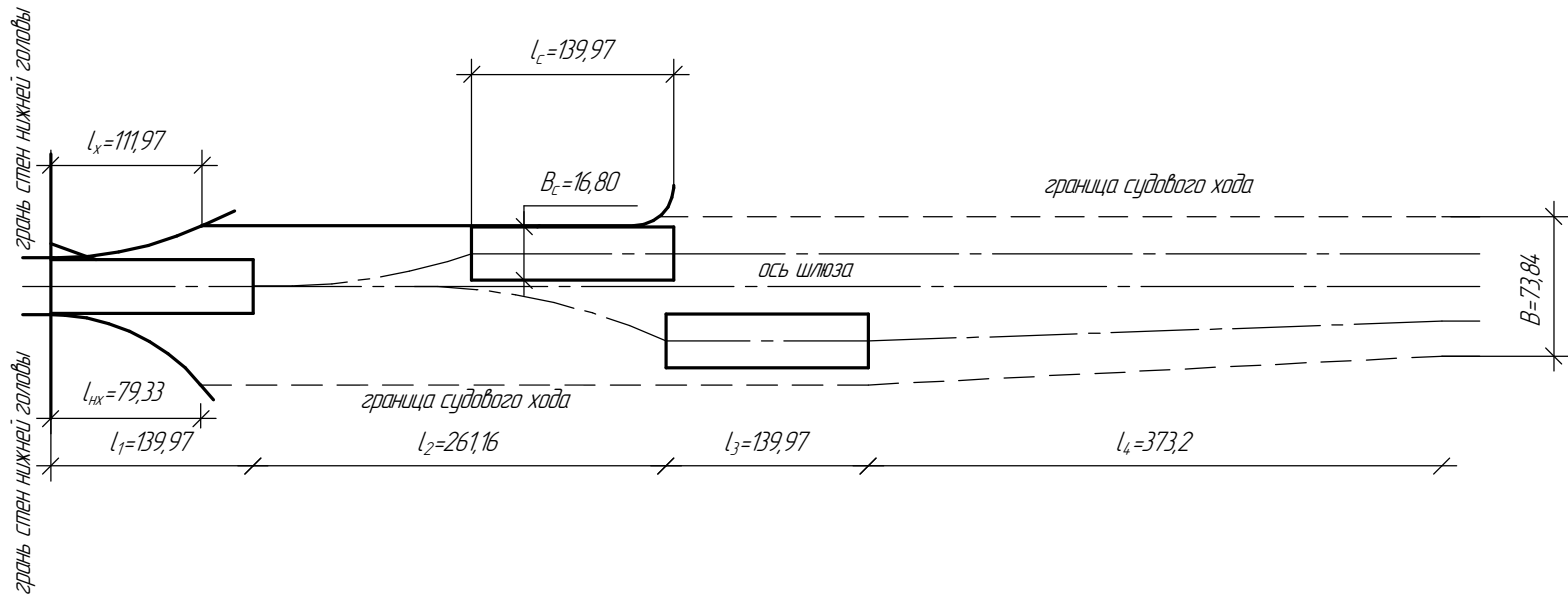


Рисунок 2 - Схема подхода к шлюзу

Примечание: все размеры указаны в метрах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВГУВТ.35.23.779.02

Лист

Схема верхней головы с наполнением и под щита
Масштаб 1:200

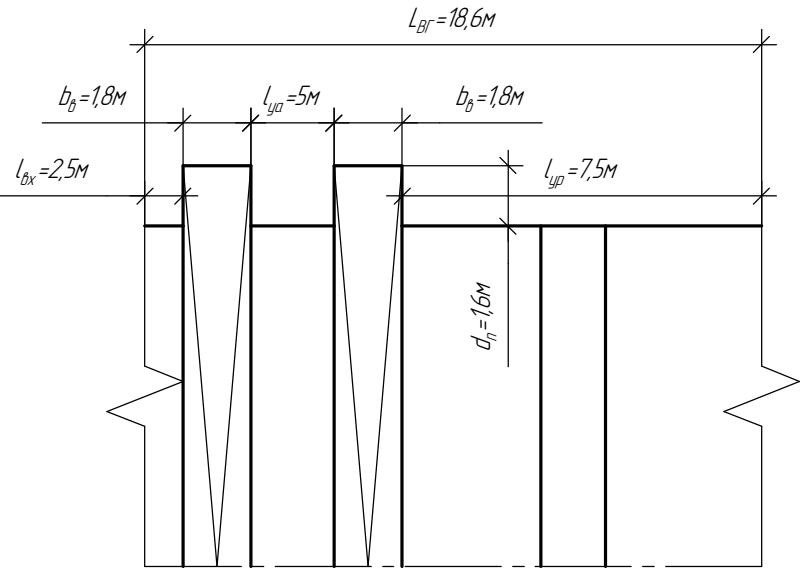
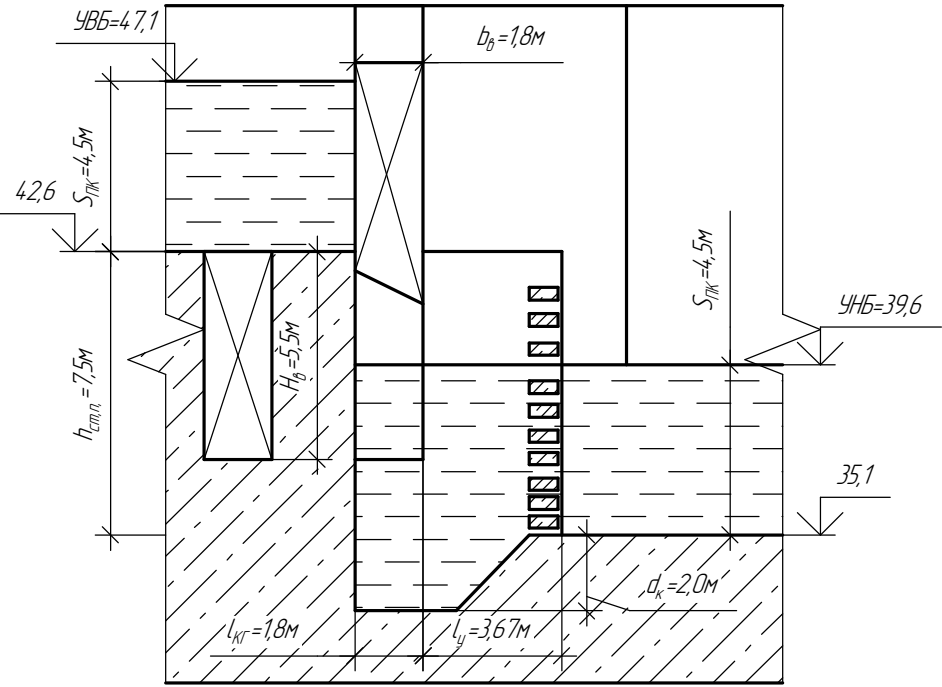


Схема нижней головы с опорожнением через короткие обходные галереи
Масштаб 1:200

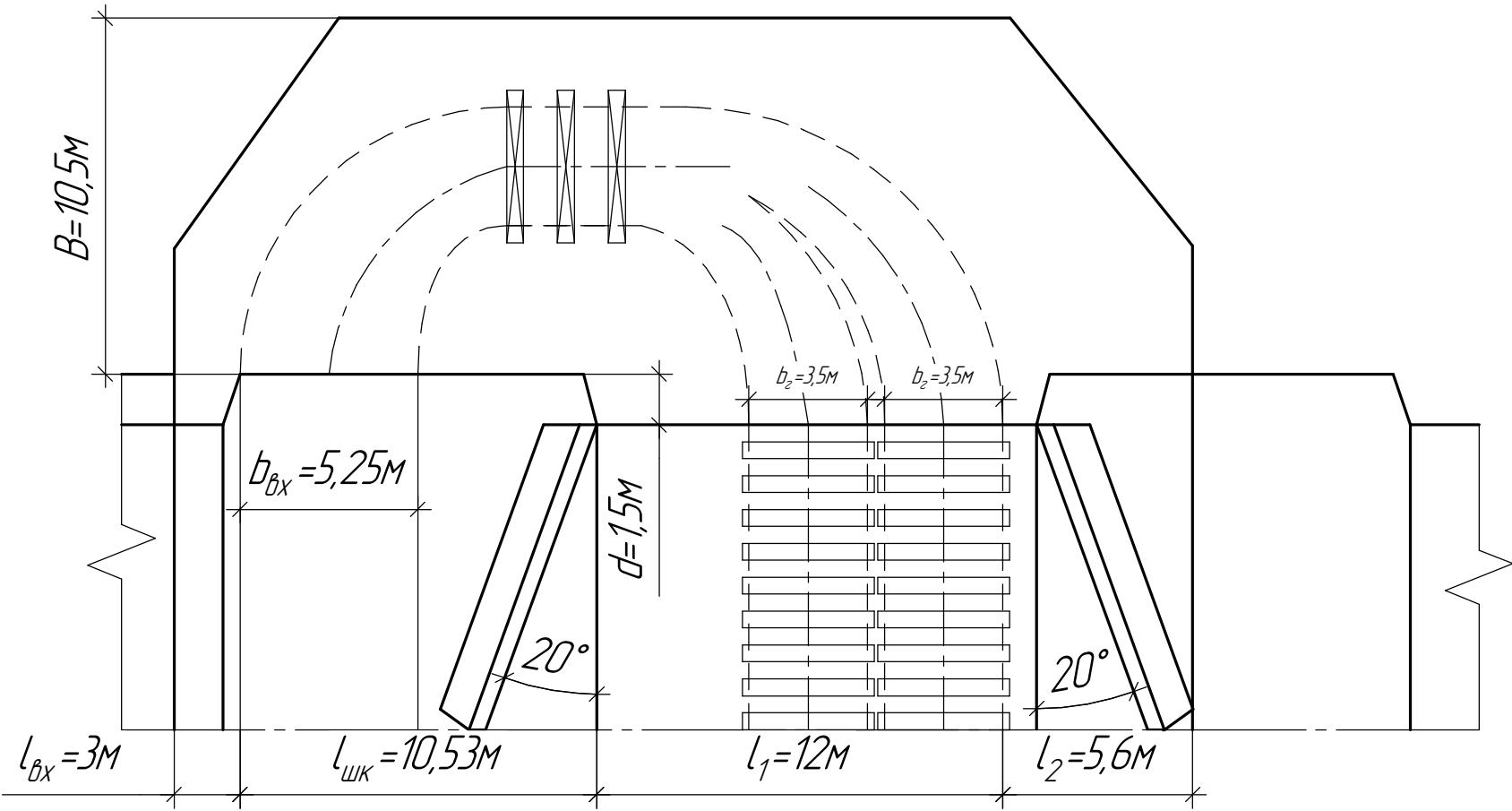
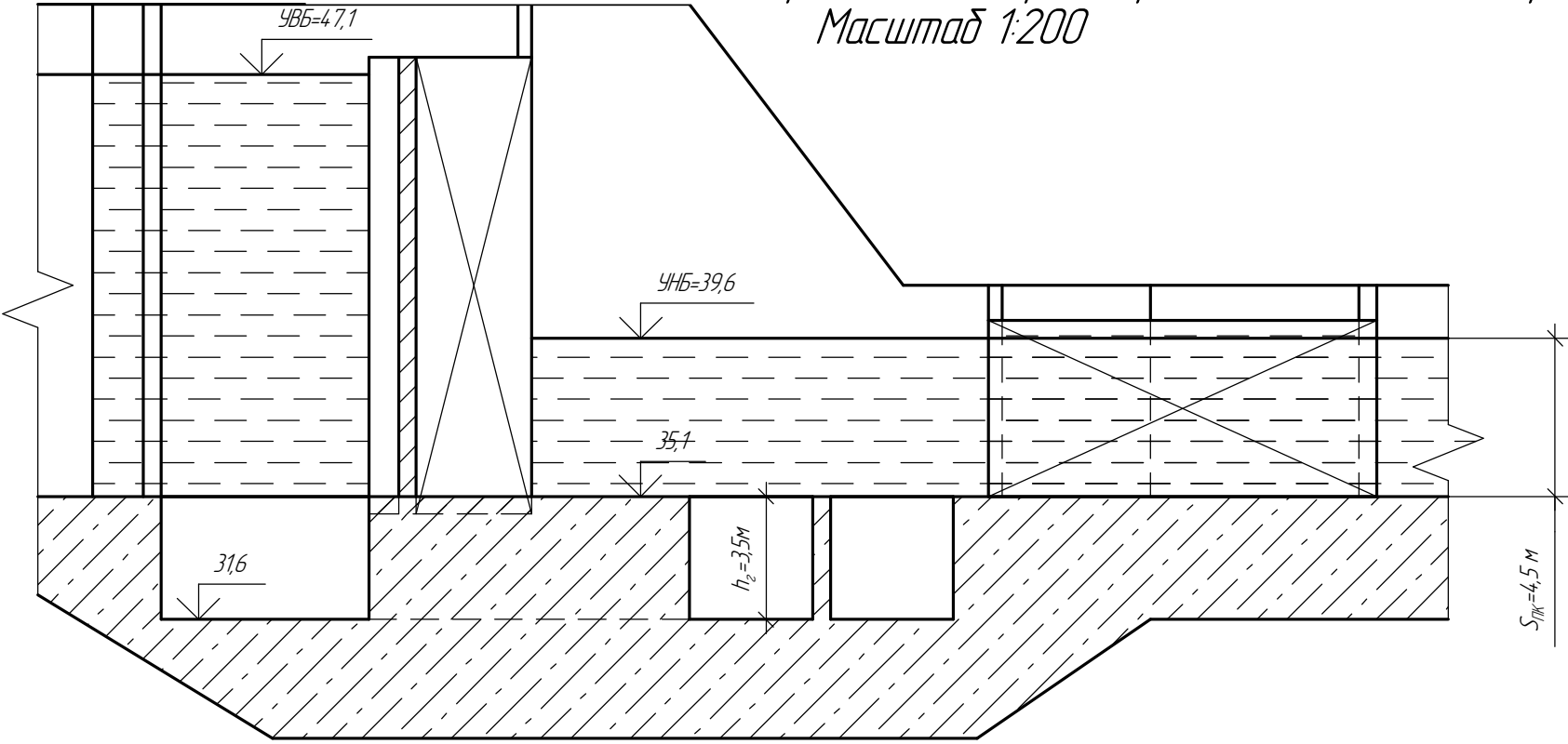


Рисунок 3 – Схема верхней и нижней голов шлюза

Примечание: Все отметки указаны в метрах Балтийской системы

КОМПАС-3D v21 Непе © 2022 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ВГУВТ 35.23.779.02

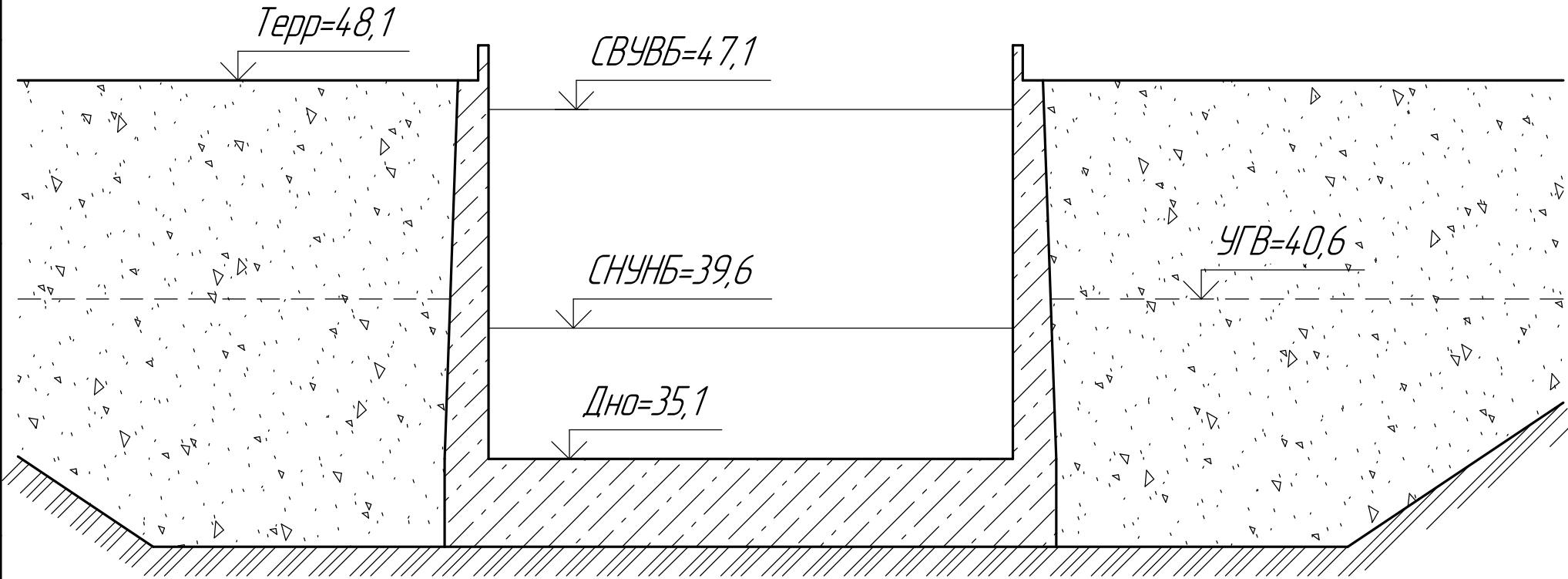


Рисунок 4 – Разрез камеры шлюза
М1:200

Все отметки указаны
в метрах Балтийской
системы

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВГУВТ 35.23.779.02

Лист

Рисунок 5 – Схема для расчета устойчивости камеры шлюза

