

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

**«ВОДНІ ШЛЯХИ, ПОРТИ ТА ПІДЗЕМНІ ГІДРОТЕХНІЧНІ
СПОРУДИ»**

*(для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології, освітньо-професійна програма
«Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Водні шляхи, порти та підземні гідротехнічні споруди» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології, освітньо-професійна програма «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О.Л. Пальченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 25 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. О. Л. Пальченко

Рецензент

О. І. Вайнберг, доктор технічних наук, професор,
ПРАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ», м. Харків

Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 1 від 20 серпня 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Визначення габаритних розмірів камери шлюзу	5
2 Розрахунок системи живлення шлюзу	7
3 Визначення габаритів підхідних каналів шлюзу	11
4 Визначення часу на шлюзування	13
5 Визначення пропускної здатності шлюзу	16
6 Механічне обладнання шлюзів	18
Індивідуальні завдання для виконання роботи	23
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	24

ВСТУП

З метою практичного закріплення отриманих здобувачем вищої освіти теоретичних знань з дисципліни «Водні шляхи, порти та підземні гідротехнічні споруди» спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології у відповідності до робочих програм та навчальних програм передбачено розв’язання конкретних задач, пов’язаних із проектуванням судноплавного шлюзу.

Методичні рекомендації складені у відповідності із практикою проведення цих занять у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова та призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології.

Основним завданням методичних рекомендацій є надання допомоги студентам у виконанні розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Водні шляхи, порти та підземні гідротехнічні споруди».

Розрахунки однокамерного одностовпкового шлюзу виконуються за індивідуальним завданням, що включає компоновку гідровузла, розрахункові рівні води у б’єфах, ґрунтові умови, характеристики водного шляху.

Розрахунками встановлюються габаритні розміри камери, гідравлічні характеристики водопровідної системи, пропускна здатність шлюзу, статичний розрахунок стін шлюзу, техніко-економічні показники.

Раціональне проектування судноплавних шлюзів має забезпечити нормальні умови їх експлуатації за найменших обсягів капіталовкладень, що досягається компонуванням його в гідровузлі, раціональним обранням типу шлюзу, системи його живлення, основних конструкцій і схем обладнання, що найбільш відповідають заданому напору на споруду, а також природними і виробничими умовам.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ГАБАРИТНИХ РОЗМІРІВ КАМЕРИ ШЛЮЗУ

Габаритні розміри шлюзу є основною характеристикою, що визначають значимість його як транспортної споруди. Основними габаритами судноплавних шлюзів є корисна довжина й ширина камер, а також найменша глибина на королях або порогах – найбільш піднесених частинах днища.

Габарити шлюзу залежать від числа й розмірів окремих суден і составів, які одночасно розміщуються в камері в процесі шлюзування. Типи і розміри суден і составів установлюються залежно від класу водного шляху, на якому розташовуються шлюзи, на підставі техніко-економічного обґрунтування згідно з розрахунковим вантажообігом для одночасного пропуску суден через камеру шлюзу, а також встановлених швидкостей руху суден і составів з урахуванням вимог безпеки судноплавства.

Самохідні судна можуть пропускатися через шлюзи по одному або по кілька одразу, несамохідні – складами з буксированих судів.

Визначення основних габаритів камери шлюзу наводиться нижче.

Визначення габаритних розмірів камери шлюзу здійснюється на підставі БНІП 2.06.07-87 «Підпірні стіни, судноплавні шлюзи, рибопропускні і рибозахисні споруди».

1. Визначення корисної довжини камери:

Корисна довжина камери шлюзу визначається за формулою:

Корисна довжина камери шлюзу визначається за формулою:

$$l_{c,ef} = n \cdot l_s + (n + 1) \cdot \Delta l, \text{ м}, \quad (1)$$

де $l_{c,ef}$ – корисна довжина камери шлюзу;

n – кількість суден уздовж у розрахунковому складі ($n = 1$);

l_s – габаритна довжина судна (у даному прикладі $l_s = 96$ м);

Δl – запас по довжині камери з обох боків:

$$\Delta l = 2 + 0,03 \cdot l_s = 2 + 0,03 \cdot 96 = 4,88 \text{ м}$$

$$l_{c,ef} = 2 \cdot 96 + (2+1) \cdot 4,88 = 206,64 \text{ м}$$

2. Визначення корисної ширини камери:

Корисна ширина камери визначається за найменшою відстанню між найбільш виступаючими частинами камери або голів шлюзу.

$$b_{c,ef} = \sum_{i=1}^{n_1} b_s + \sum_{i=1}^{n_1+1} \Delta b_s, \text{ м} \quad (2)$$

де $b_{c,ef}$ – корисна ширина камери шлюзу;

n_1 – кількість суден у поперек у розрахунковому складі ($n_1 = 2$);

$\sum_{i=1}^{n_1} b_s$ – сумарна ширина суден, які шлюзуються одночасно ($b_s = 16,3$ м – ширина одного судна);

Δb_s – запас за шириною в кожен бік і між суднами, що стоять у камері.

Запаси за шириною з кожного боку камери і між суднами повинні складати не менш ніж:

- за ширини судна до 10 м – 0,2 м;
- до 18 м – 0,4 м;
- до 30 м – 0,75 м;
- понад 30 м – 1,0 м.

Приймаємо, що $\Delta b_s = 0,4$ м.

$$b_{c,ef} = 2 \cdot 16,3 + 3 \cdot 0,4 = 33,8 \text{ м.}$$

3. Визначення корисної глибини в камері шлюзу

Глибина на виступаючих частинах днища шлюзу (порогах), відлічувана від розрахункового найнижчого судноплавного рівня, звичайно приймається зі співвідношення:

$$h_l \geq 1,3 \cdot s, \text{ м,} \quad (3)$$

де s – статична осадка розрахункового судна з повним вантажем ($s = 2,8$ м).

$$h_l = 1,3 \cdot 2,8 = 364 \text{ м.}$$

Остаточні габарити камери округляємо в бік збільшення до найближчих уніфікованих розмірів, наведених у наступній таблиці.

Таблиця 1 – Типові габарити шлюзів

Відношення корисної ширини камери шлюзу, м до корисної довжини, м	37 400	37 300	30 300	20 300	20 150	18 150	15 150	15 100	12 100	8 50	6 35
Глибина на порогах шлюзу, м	6,0 5,5 5,0	6,0 5,5 5,0	6,0 5,5 5,0	5,5 5,0 4,5	5,5 5,0 4,5	5,5 5,0 4,5	4,0 3,5 3,0	3,0 2,5 2,0	3,0 2,5 2,0	3,0 2,5 2,0	1,5 1,0 2,0
	-	-	-	4,0	4,0	4,0	-	-	1,5	1,5	-
Примітка. Інші габарити шлюзів допускається приймати тільки при узгодженні з органами, які регулюють судноплавство											

Приймаємо: $l_{c,ef} = 300$ м; $b_{c,ef} = 30$ м; $h_l = 5$ м; $h_{br} = 14$ м

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ШЛЮЗУ

Система живлення шлюзу – це сукупність пристроїв, призначених для наповнення і спорожнення камери під час шлюзування судів з відповідним регулюванням цих процесів. Робота цієї системи повинна задовольняти наступним експлуатаційним і гідравлічним вимогам:

- час наповнення і спорожнення камери повинне відповідати заданій суднопропускній здібності шлюзу;
- забезпечення протягом заданого часу безпечних умов стоянки суден, які шлюзуються в камері і суден, які очікують шлюзування біля причальних стінок підхідних каналів;
- недопускання в процесі наповнення і спорожнення камер руйнувань окремих елементів і матеріалу шлюзу, розмивів дна підхідних каналів;
- кавітаційних процесів, вібрації затворів, водопровідних отворів та інших негативних явищ, що порушують нормальну експлуатацію шлюзів.

За способом подавання води в камеру і випуску її з камери розрізняють дві основні системи живлення шлюзів: зосереджену і розподільчу.

Зосереджена система живлення характеризується тим, що під час наповнення камери вода подається найчастіше через верхню голову в верхній кінець камери, а під час спорожнення скидається через нижню голову з нижнього кінця камери.

Розподільча система живлення шлюзів характеризується тим, що вода подається в камери і випускається з них по всій довжині через велике число розташованих у дні або в стінах камери випусків із поздовжніх галерей.

Вибір системи живлення залежить від таких факторів, як водотоннажність шлюзу та розрахунковий напір.

Нижче наведено розрахунок системи живлення шлюзу з розподільчою системою живлення. Забір води здійснюється з підхідного каналу верхньої голови, а випуск – з нижньої голови.

Розрахунок системи живлення шлюзу слід починати з вибору типу системи наповнення і спорожнення шлюзу, після чого встановлювати основні її характеристики, до яких відносяться:

- час наповнення (спорожнення) камери;
- площа водопровідних галерей або отворів;
- час відкриття затворів і режим їх відкриття, що визначається швидкістю підйому затвору;
- зусилля в швартових пристроях для суден, шлюзів у камері і суден, що очікують шлюзування в підхідних каналах.

Остання характеристика – це зусилля в швартових, що є критерієм правильності підбору попередніх характеристик. Якщо цей критерій не забезпечується, тобто фактичні зусилля в швартових є більшими за ті, що допускаються за умовою міцності, змінюється час відчинення затвору й відповідно час наповнення (спорожнення) камери T . Якщо при цьому час наповнення T не забезпечує задану пропускну здатність шлюзу, слід розглядати іншу систему живлення.

Відповідно до існуючих норм, головна система живлення застосовується за умовами $H \cdot L_{\text{ПК}} \leq 2000$ та $H / S_{\text{К}} \leq 3$. Якщо ж добуток напору на корисну довжину камери буде більшим за 2000, а відношення напору до глибини на порозі більше за 3, система живлення повинна обиратися на основі техніко-економічного порівняння головної і розподільної систем з урахуванням забезпечення заданої пропускної здатності.

Визначимо розрахунковий напір на шлюз.

Визначимо розрахунковий напір на шлюз. $H_d = 18$ м.

Приймається розподільна система живлення.

Розрахунок розподільної системи живлення

Для розрахунку розподільної системи приймається напір на шлюз $H = 16$ м. Поздовжні галереї наповнення розташовуються в днищі камери і мають щільні випуски. Затвори галерей наповнення і спорожнення – плоскі, підйомні.

Розрахунок виконується в наступному порядку.

1. Попередньо визначається час наповнення камери, встановлюється площу а поперечного перерізу галерей, коефіцієнт витрати системи.

2. Визначаються умови відстою судна в камері, уточнюються параметри системи (площі випусків, час відкриття затвору).

3. Будується гідравлічна характеристика для наповнення. Уточняється коефіцієнт витрати і час наповнення.

1. Час наповнення камери попередньо визначається за формулою:

$$T = k \cdot \sqrt[3]{H_d \cdot l_{c,ef} \cdot b_{c,ef}} = 0,19 \sqrt[3]{18 \cdot 300 \cdot 30} = 10,3 \text{ хв.} = 618 \text{ с.} \quad (4)$$

де H_d – максимальний напір на камеру, м;

$l_{c,ef}$ – корисна довжина камери, м;

$b_{c,ef}$ – корисна ширина камери, м;

k – коефіцієнт, який приймається для шлюзів з головною (зосередженою) системою живлення – 0,27 і з розподільчою системою живлення – 0,19.

2. Визначається час відчинення робочих затворів водопровідних галерей за формулою:

$$t_0 \geq 2 \sqrt{\frac{\beta_c H_d A_{p,c} k_0 D}{g (2 - k_0) (\omega_k - \omega_s) F_{l,m}}}, \text{ с} \quad (5)$$

де β_c – коефіцієнт якості водопровідної системи, для розподільної системи приймається таким, що дорівнює 0,8;

$A_{p,c} = l_{c,ef} \cdot b_{c,ef}$ – площа водної поверхні в камері; площу дзеркала камери приймаємо наступною:

$$A_{p,c} = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ м}^2;$$

$k_0 = 0,5 \dots 0,6$ – коефіцієнт відносного часу відчинення робочих затворів;

ω_k – площа поперечного перерізу камери на початку процесу наповнення, м²:

$$\omega_k = b_{cef} \cdot y = b_{cef} \cdot (\nabla УНБ_{рем} - \nabla УНБ_{\min} + h_1) = 30 \cdot (98 - 97 + 5) = 180 \text{ м},$$

де h_1 – глибина на порогах шлюзу, м;

$$\omega_S = \beta_S \cdot b_S \cdot s = 0,98 \cdot 16,3 \cdot 3,5 = 56 \text{ – площа змоченої частини судна, м}^2;$$

$\beta_c = 0,90 \dots 0,98$ – коефіцієнт повноти міделєвого перетину;

D – вагова водотоннажність розрахункового судна, т; визначається за формулою:

$$D = \delta \cdot l_0 \cdot b_0 \cdot (s - s_0) \cdot \gamma_w, \quad (6)$$

де δ – коефіцієнт повноти водотоннажності ($\delta = 0,835$);

l_0 – розрахункова довжина судна ($l_0 = 96$ м);

b_0 – розрахункова ширина судна ($b_0 = 16,3$ м);

s – статична осадка розрахункового судна з повним вантажем ($s = 2,8$ м);

s_0 – осадка судна в порожньому стані ($s_0 = 0,5$ м);

γ_w – об'ємна вага води ($\gamma_w = 1 \text{ т/м}^3$);

$$D = 0,835 \cdot 96 \cdot 16,3 \cdot (2,8 - 0,5) \cdot 1 = 3005 \text{ т}$$

$F_{l,m} = 1,4 \sqrt[3]{D}$ – допустиме значення поздовжньої складової гідродинамічної сили, що діє на судно в камері шлюзу, кН:

$$F = 1,4 \cdot \sqrt[3]{3005} = 20,2 \text{ кН.}$$

Підставивши отримані значення до формули (5), отримаємо час відчинення затворів:

$$t_0 \geq \approx 145 \text{ с (2,4 хв).}$$

3. Визначається сумарна площа водопровідних отворів, необхідна для наповнення або спорожнення камери в плинні часу, й розміри поперечного перерізу водопровідних галерей в місці розташування робочих затворів за формулою:

$$A_g = \frac{4A_{p,c} \sqrt{H_d} k_0}{(2 - k_0) T \mu_1 \sqrt{2g}}, \quad (7)$$

де $\mu_1 = 0,60 \dots 0,65$ – коефіцієнт витрати водопровідної системи.

Площа однієї галереї відповідно буде дорівнювати $\frac{A_g}{2} = 15,36 \text{ м}^2$.

Розміри поперечного перерізу галерей, вважаючи, що висота і ширина галерей будуть такими, що дорівнюють одна одній, складуть:

$$h_g = b_g = \sqrt{0,5A_g} = 4 \text{ м.} \quad (8)$$

4. Найбільша витрата води, що надходить в камеру шлюзу, досягає найбільших значень під час відчинення затворів у плинні часу: $t_3 \leq 0,5T$.

Якщо μ_n – коефіцієнт витрати системи в момент часу T , то у період відчинення затворів коефіцієнт витрати водопровідної системи поступово збільшується за рахунок зменшення коефіцієнтів опору затворів. Значення коефіцієнтів опору залежать від швидкості течії води на тій ділянці галереї, на якій вони знаходяться, і приймаються за даними, наведеними в нормативній технічній літературі.

У даному розрахунковому випадку, тобто за частково відкритих затворів, значення коефіцієнтів опору залежать тільки від ступеня їх відкриття, тобто $\xi_3 = f(n_3)$. За ними можна визначати віднесені до розрахункового перерізу водопровідних галерей коефіцієнти витрати системи живлення, тобто маючи залежності можна побудувати криві зміни відносного коефіцієнта витрати водопровідної системи для найбільш поширених плоских затворів.

У період відчинення затворів коефіцієнт витрати водопровідної системи μ_n поступово збільшується за рахунок зменшення коефіцієнта опору затвору, а після закінчення відчинення затворів залишається постійним.

Зокрема, для ділянок галерей з випусками коефіцієнти витрати розподільних систем живлення (залежно від схеми і довжини повздовжніх галерей), звичайно приймаються в межах $\mu = 0,5 \dots 0,6$. Користуючись даними кривими, за будь-якої схеми відчинення водопровідних затворів, переймаючись

рядком значень t і визначаючи відповідні їм значення, $\int_0^t \mu'_n dn$ за відомими формулами можна обчислити значення і побудувати криві залежності напору від часу $h_t = f(t)$ і $Q_t = f(t)$.

Нижче наводяться розрахункові формули для випадку наповнення-спорожнення камер шлюзів постійної площі з поступовим неперервним відчиненням затворів однієї водопровідної системи без урахування інерційних сил:

$$\sqrt{h} = \sqrt{H_d} - \frac{\mu_t A_g \sqrt{2g}}{2A_{p,c}} \int_0^n \mu'_n dn, \quad (9)$$

де H_d – початковий напір на шлюз;

h – напір, що визначає рух води у водопровідній системі;

A_g – площа перерізу водопровідних галерей;

μ_t – коефіцієнт витрати системи в момент часу t ;

$A_{p,c}$ – розрахункова площа камери (площа водної поверхні у камері).

$$A = \frac{\mu A_g \sqrt{2g}}{2A_{p,c}} t_0, \quad Q = \mu \omega \sqrt{2g} \mu'_n \sqrt{h}. \quad (10)$$

Таблиця 2 – Гідравлічні характеристики наповнення камери

Ступінь відкриття затвору, π_3	t – час від початку наповнення	$\int_0^t \mu'_n dn$	$A \int_0^t \mu'_n dn$	$\sqrt{h}$	h	μ'_n	Макс. витрата наповнення, Q м ³ /с
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	4,2	18,00	0	0
0,1	20,45	0,005	0,0115	4,1885	17,54353	0,111	42,01514
0,2	40,90	0,022	0,0506	4,1494	17,21752	0,225	84,37079
0,3	61,35	0,05	0,115	4,085	16,68723	0,343	126,6224
0,4	81,80	0,091	0,2093	3,9907	15,92569	0,476	171,6644
0,5	102,25	0,146	0,3358	3,8642	14,93204	0,609	212,6675
0,6	122,70	0,213	0,4899	3,7101	13,76484	0,732	245,4262
0,7	143,15	0,293	0,6739	3,5261	12,43338	0,858	273,4048
0,8	163,60	0,382	0,8786	3,3214	11,0317	0,927	278,2436
0,9	184,05	0,478	1,0994	3,1006	9,61372	0,982	275,1576
1	204,50	0,577	1,3271	2,8729	8,253554	1	259,6240
Примітка. Дана таблиця наведена лише для аналізу характеристик, які мають бути одержані і не відповідає даному прикладу розрахунку.							

При відкриванні водопровідних затворів розподільних систем живлення протягом часу $t_3 \leq 0,5T$ інерційний напір є завжди невеликим за відношенням до діючого в цей час повного напору. Тому вплив його в початковий період наповнення або спорожнення камер можна не враховувати.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ГАБАРИТІВ ПІДХІДНИХ КАНАЛІВ ШЛЮЗУ

Підходи до судноплавних шлюзів повинні забезпечувати складам суден підхідні канали, що примикають до голів шлюзу, та мають розміри, що забезпечують розходження суден при вході в камеру і вихід із неї, а також безпечні умови стоянки суден, що очікують шлюзування біля причальних стінок. Для забезпечення плавного входу суден в отвори голів шлюзу влаштовуються направляючі пали, які мають у плані вигляд криволінійних стін. Визначення габаритів підхідного каналу й довжини причальної лінії наведено нижче.

Згідно зі БНіП 2.06.07-87, судноплавна траса шлюзу повинна бути прямолінійною на ділянці не меншій за довжину l_{st} , що визначається за формулою:

$$l_{st} = l_l + 2(l_a + l_s), \quad (11)$$

де l_l – довжина шлюзу, включаючи голови;

l_a – довжина верхньої (нижньої) ділянки підходу;

l_s – довжина розрахункового судна.

$$l_a = l_1 + l_2 + l_3, \quad (12)$$

де l_a – довжина ділянок підхідних каналів;

l_1 – довжина ділянки від голови шлюзу до центру ваги судна:

$$l_1 = \frac{l_0}{2} = \frac{96}{2} = 48 \text{ м}; \quad (13)$$

l_2 – довжина ділянки, призначеної для виконання судном маневру по переходу з осі шлюзу на вісь судового ходу в каналі:

$$l_2 = \sqrt{l_s^2 + c \cdot (4r - c)}, \quad (14)$$

де r – радіус траєкторії центру ваги судна, м;

c – зміщення осі судового ходу на ділянці розбіжності щодо осі шлюзу; для обраної симетричної схеми підхідного каналу:

$$c = 0,6 b_s + 0,5 \Delta b, \text{ де } \Delta b = 0,35 \cdot \frac{l_s^2}{r} = 0,35 \cdot \frac{96^2}{288} = 11,2 \text{ м}$$

$$c = 0,6 \cdot 16,3 + 0,5 \cdot 11,2 = 15,38 \text{ м}; \quad l_2 = \sqrt{96^2 + 15,38 \cdot (4 \cdot 288 - 15,38)} = 163 \text{ м};$$

l_3 – довжина ділянки, призначеної для відстою суден, що очікують шлюзування біля причалу, складає:

$$l_3 = \sum_1^n l_s = 96 \text{ м}.$$

$$l_a = 48 + 163 + 96 = 307 \text{ м}.$$

Перевірка ширини на рівні вантажного опадку судна:

$$b_d = 2(l_s \sin \theta_1 + b_s \cos \theta_1 + 0,2 b_s), \quad (15)$$

де $\theta_1 = 2^\circ$ – кут відхилення для судна;

$$b_d = 2 \cdot (96 \sin 2^\circ + 16,3 \cos 2^\circ + 0,2 \cdot 16,3) = 45,0 \text{ м}.$$

Ширина каналу внизу розраховується наступним чином:

$$b = 2,6b_s = 2,6 \cdot 16,3 = 42,4 \text{ м.}$$

Перевірку пройдено, т.к. $b_d > b$.

Приймається двостороння схема пропуску суден, отже, довжину причальної лінії l_m визначаємо за формулою:

$$l_m = l_1 + \sum l_s - \gamma = 48 + 96 - 0,2 \cdot 96 = 124,8 \text{ м, де } \gamma = 0,2l_s$$

Радіус обрису ходової пали визначаємо з залежності:

$$R_x = \frac{a_x}{(1 - \cos \theta_x)}, \quad (16)$$

де a_x – зміщення граней судового ходу від стінок шлюзу в боки від берегів підхідного каналу:

$$a_x = \frac{(b + \Delta b - b_{c,ef})}{2} = \frac{(42,4 + 11,2 - 30)}{2} = 12 \text{ м;}$$

θ_x – кут обрису пал; приймаємо: $\theta_x = 30^\circ$.

$$R_x = \frac{a_x}{(1 - \cos \theta_x)} = \frac{12}{(1 - \cos 30^\circ)} = 89,5 \text{ м}$$

Довжину проекції на вісь шлюзу ходової пали в межах судового ходу визначаємо наступним чином:

$$l_{nx} = R_x \sin \theta_x = 89,5 \cdot \sin 30^\circ = 44,75 \text{ м.}$$

4 ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ НА ШЛЮЗУВАННЯ

На підставі даних про максимальне число суден і плотів, що проходять через ворота гідровузла за найбільш напружену добу, складають комбінації з розрахункових суден, за яких найкращим чином використовується вся площа дзеркала води в камері.

При час складання комбінацій суден необхідно керуватися наступними вимогами:

– наливні судна повинні шлюзуватися окремо від інших суден з умов пожежної безпеки;

– розстановку суден у камері рекомендується починати з максимальних за габаритами розрахункових складів несамохідних суден, а потім розставляти інші самохідні й несамохідні судна;

– дрібні несамохідні судна можна збирати в групи до 6–8 суден, які зчальються між собою і проводяться через суднопропускну споруду за допомогою штовхача.

Кожна комбінація суден вимагає одного суднопропуску. Загальне число комбінацій суден з урахуванням того, що деякі можуть повторюватися неодноразово, визначає число шлюзувань, необхідних для пропуску всіх вантажних суден.

Шлюз – конструкція

Основними складовими частинами судноплавного шлюзу є: верхня і нижня голови; розташована між ними камера; верхній і нижній підхідні канали, що примикають до відповідних голов шлюзу.

Голови судноплавного шлюзу, що відокремлюють камеру від верхнього й нижнього б'єфів і підтримують різницю рівнів води між б'єфами, являють собою просторову залізобетонну конструкцію, що складається з днища і жорстко пов'язаних з ним стін.

У головах розміщується механічне обладнання, призначене для здійснення процесу шлюзування.

Обрис голів і їх розміри залежать від системи живлення шлюзу, обладнання та механізмів шлюзу, типу ґрунту основи.

Камера шлюзу обмежена стінами, днищем і головами (в отворі останніх установлено ворота). На стінах камери шлюзу розташовують причальні пристрої, за допомогою яких швартуються судна.

За формою поперечного перерізу найбільш поширеними є камери з вертикальними стінами, так як у них забезпечуються зручні умови відстоювання суден і зменшується, в порівнянні з укісними й напівукісними камерами, зливна призма, що дає можливість менше витратити води на шлюзування і прискорювати пропуск суден.

За великих напорів на водних шляхах I і II категорій камери роблять із залізобетону з суцільним водонепроникним днищем, довжину і ширину якого перевіряють за допомогою розрахунків.

Для захищення стін і днища камер від додаткових напружень камери влаштовують із секцій, розділених між собою температурно-осадовими швами. Водонепроникність швів досягається перекриттям їх по всій довжині протифільтраційними шпонками, які влаштовують як із зовнішнього боку стін, так і з боку засипки.

Механічне обладнання зосереджено головним чином в головах шлюзів.

Визначаємо час шлюзування складів і груп суден.

Середній час шлюзування визначаємо із залежності:

$$T_{cp} = 0,25T_1 + 0,75T_2, \quad (17)$$

де T_1 – час шлюзування за одностороннього руху суден;

T_2 – час шлюзування за двостороннього руху суден;

$$T_1 = t_{\text{вх}} + 4t_{\text{г}} + 2T + t_{\text{вих}}; \quad T_2 = t_{\text{вх}} + 2t_{\text{г}} + T + t_{\text{вих}}; \quad (18)$$

$$t_{\text{вх}} = l_{\text{вх}} / V_{\text{вх}}; \quad t_{\text{вих}} = l_{\text{вих}} / V_{\text{вих}}; \quad (19)$$

$t_{\text{вх}}$ – час входу в камеру;

$t_{\text{вих}}$ – час виходу з камери;

а) за одностороннього руху:

$$l_{\text{вх(вих)}} = l_{\text{с,ef}} (1 + \beta_1), \quad (20)$$

де β_1 – коефіцієнт, який дорівнює при вході – 0,4, при виході з камери – 0,1.

б) за двостороннього руху:

$$l_{\text{вх(вих)}} = l_{\text{с,ef}} (1 + \beta_1) + l_2, \quad (21)$$

де β_2 – коефіцієнт, який приймається 0,4.

а) $l_{\text{вх}} = 300 \cdot (1 + 0,4) = 420$ м;

$l_{\text{вих}} = 300 \cdot (1 + 0,1) = 330$ м;

б) $l_{\text{вх(вих)}} = 300 \cdot (1 + 0,4) + 163 = 583$ м.

Середні швидкості руху розрахункових суден і складів приймаємо наступними:

– для буксируваних суден: $v_{\text{вх}} = 0,7$ м/с; $v_{\text{вих}} = 1,0$ м/с;

– для самохідних суден: $v_{\text{вх}} = 1,0$ м/с; $v_{\text{вих}} = 1,4$ м/с;

– для плотів: $v_{\text{вх}} = 0,6$ м/с; $v_{\text{вих}} = 0,6$ м/с.

Тоді:

– для буксируваних суден:

а) $t_{\text{вх}} = l_{\text{вх}} / v_{\text{вх}} = 420 / 0,7 = 600$ с;

$t_{\text{вих}} = l_{\text{вих}} / v_{\text{вих}} = 330 / 1,0 = 330$ с;

$$T_1 = 600 + 4 \cdot 150 + 2 \cdot 409 + 330 = 2348 \text{ с} = 39,1 \text{ хв} = 0,65 \text{ год.}$$

б) $t_{\text{вх}} = l_{\text{вх}} / v_{\text{вх}} = 583 / 0,7 = 832,9$ с;

$t_{\text{вих}} = l_{\text{вих}} / v_{\text{вих}} = 583 / 1 = 583$ с.

$$T_2 = 832,9 + 2 \cdot 150 + 409 + 583 = 2124,9 \text{ с} = 35,4 \text{ хв} = 0,59 \text{ год.},$$

де $t_{\text{г}}$ – час відкриття та закриття воріт.

Для двостулкових воріт з шириною камери $18 \text{ м} \leq b_s \leq 30 \text{ м}$ приймаємо $t_{\text{г}} = 2,5 \text{ хв} = 150 \text{ с}$.

$$T_{\text{ср}} = 0,25 \cdot 2348 + 0,75 \cdot 2124,9 = 2180,67 \text{ с.}$$

– для самохідних суден ($T_{вант}$):

$$а) t_{вх} = l_{вх} / v_{вх} = 420 / 1,0 = 420 \text{ с};$$

$$t_{вих} = l_{вих} / v_{вих} = 330 / 1,4 = 235,7 \text{ с};$$

$$T_1 = 420 + 4 \cdot 150 + 2 \cdot 409 + 235,7 = 2073,7 \text{ с} = 34,6 \text{ хв} = 0,57 \text{ год.}$$

$$б) t_{вх} = l_{вх} / v_{вх} = 583 / 1,0 = 583 \text{ с};$$

$$t_{вих} = l_{вих} / v_{вих} = 583 / 1,4 = 416,4 \text{ с.}$$

$$T_2 = 583 + 2 \cdot 150 + 409 + 416,4 = 1708,4 \text{ с} = 28,5 \text{ хв} = 0,47 \text{ год.},$$

де t_{θ} – час відкриття та закриття воріт.

Для двостулкових воріт з шириною камери $18\text{ м} \leq b_s \leq 30 \text{ м}$ приймаємо $t_{\theta} = 2,5 \text{ хв} = 150 \text{ с}$.

$$T_{вант} = 0,25 \cdot 2073,7 + 0,75 \cdot 1708,4 = 1799,7 \text{ с.}$$

– для самохідних суден ($T_{нас}$):

$$а) t_{вх} = l_{вх} / v_{вх} = 420 / 2,0 = 210 \text{ с};$$

$$t_{вих} = l_{вих} / v_{вих} = 330 / 3,0 = 110 \text{ с};$$

$$T_1 = 210 + 4 \cdot 150 + 2 \cdot 409 + 110 = 1738 \text{ с} = 28,9 \text{ хв} = 0,48 \text{ год.}$$

$$б) t_{вх} = l_{вх} / v_{вх} = 583 / 2,0 = 291,5 \text{ с};$$

$$t_{вих} = l_{вих} / v_{вих} = 583 / 3,0 = 194,3 \text{ с.}$$

$$T_2 = 291,5 + 2 \cdot 150 + 409 + 194,3 = 1194,8 \text{ с} = 19,9 \text{ хв} = 0,33 \text{ год.},$$

де t_{θ} – час відкриття та закриття воріт.

Для двостулкових воріт з шириною камери $18 \text{ м} \leq b_s \leq 30 \text{ м}$ приймаємо $t_{\theta} = 2,5 \text{ хв} = 150 \text{ с}$.

$$T_{нас} = 0,25 \cdot 1738 + 0,75 \cdot 1194,8 = 1330,6 \text{ с.}$$

5 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ШЛЮЗУ

Під час вирішення питання про транспортне освоєння ділянки водного шляху або будівництва гідровузла на річці в першу чергу виконують роботи з проектування перспективного вантажообігу. В цих роботах розглядають можливі схеми перевалки вантажів, аналізуються перспективи розвитку промисловості, сільського господарства та інших галузей народного господарства. Одночасно з цим розглядають питання організації перевезень, встановлюють вантажні лінії, вибирають типи суден.

По вантажообігу складають рекомендований склад вантажних і пасажирських суден із зазначенням дольової участі кожного типу суден у перевезеннях тих чи інших вантажів.

Визначення пропускної здатності шлюзу показано нижче.

Пропускна здатність шлюзів слід визначати згідно з додатком 2 БНіП 2.06.07-87 Підпірні стіни, судноплавні шлюзи, рибопропускні й рибозахисні споруди.

Розрахунок пропускної здатності шлюзу за навігацію можна проводити в такій послідовності.

Визначається розрахункове середньодобове число шлюзування в найбільш напружену добу n_{cp} .

Через однопотіковий однокамерний шлюз n_{cp} буде дорівнювати:

$$n_{cp} = \frac{24 \cdot 60}{T_1 + (T_2 - T_1) \frac{2\alpha\varphi_2}{\varphi_1 + \alpha\varphi_2}}, \quad (22)$$

де $\alpha = 0,8 \dots 1,0$ – коефіцієнт нерівномірності руху суден за напрямками;

$\varphi_1 = 1,2 \dots 1,3$ – коефіцієнт нерівномірності руху суден прямого напрямку;

$\varphi_2 = 1,1 \dots 1,2$ – коефіцієнт нерівномірності руху суден зворотнього напрямку;

T_1 – час шлюзування за одностороннього руху суден;

T_2 – час шлюзування за двостороннього руху суден:

$$n_{cp} = \frac{24 \cdot 60}{3,7 + (39,1 - 3,7) \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 1,1}{1,2 + 0,8 \cdot 1,1}} = 40 \text{ шт.}$$

На підставі отриманих даних визначається суднопропускна здатність шлюзу.

Число складів суден, яке могло б бути пропущене через шлюз за час навігації за безперервної цілодобової його роботи, називається технічною суднопропускною здатністю шлюзу й визначається за формулою:

$$N_T = n_{cp} \cdot T_{нав} = 40 \cdot 230 = 9200 \text{ шт,}$$

де $T_{нав}$ – тривалість навігації в добах.

Але вантажні судна, порожняк, а також плоті проходять через шлюз за весь період навігації нерівномірно. Тому дійсна, або експлуатаційна, суднопропускна здатність шлюзу, тобто число складів суден N_{Σ} , яке шлюз дійсно може пропустити протягом всієї навігації, визначається з урахуванням нерівномірності підходу до шлюзу складів різного типу.

$$N_{\Sigma} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot N_T = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 9200 = 6836 \text{ шт,}$$

де $\eta_1 = \frac{1+\alpha}{\varphi_1 + \alpha\varphi_2}$ – коефіцієнт нерівномірності підходу до шлюзу кожного типу складів (для пасажирських суден приймається: $\eta_1 = 1$);

$$\eta_1 = \frac{1+0,8}{1,2+0,8 \cdot 1,1} = 0,86$$

$\eta_2 = 0,85 \dots 0,95$ – коефіцієнт використання водної поверхні камери;

$\eta_3 = 23/24 = 0,96$ – коефіцієнт використання робочого часу (мається на увазі при роботі шлюзу, в середньому, протягом 23 годин на добу).

Далі визначається вантажопропускна здібність шлюзу: технічна P_T та дійсна (експлуатаційна) P_D .

Вантажопропускна здатність шлюзу за навігацію в обох напрямках визначається за формулами:

$$- \text{технічна } P_T = n \cdot T_{НАВ} \cdot P;$$

$$- \text{експлуатаційна (дійсна)} - P_D = \eta_1 \cdot \eta_4 \cdot \delta \cdot P_T,$$

де для кожного типового складу вантажних суден:

P – планова сумарна вантажопідйомність суден у складі, які шлюзуються одночасно; для даного числового прикладу приймемо $G_{сост} = 6000$ т;

$\eta_4 = 0,7 \dots 0,8$ – відносна частка числа складів даного типу в загальному числі складів вантажних суден;

$\delta = 0,9 \dots 1,0$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності судна.

Технічна навігаційна вантажопропускна здатність суден відповідає умовам пропускання через шлюз протягом усієї навігації тільки вантажних суден з повним використанням їх вантажопідйомності.

$$P_T = 40 \cdot 230 \cdot 6000 = 55200000 \text{ т};$$

$$\eta_1 = \frac{1+0,8}{1,2+0,8 \cdot 1,1} = 0,86$$

$$P_D = 0,86 \cdot 0,75 \cdot 0,95 \cdot 55200000 = 33823800 \text{ т}.$$

Відношення експлуатаційної вантажопропускної здібності шлюзу до технічної називають коефіцієнтом використання вантажопропускної здібності шлюзу α_3 .

Для даного розрахунку: $\alpha_3 = 33823800 / 55200000 = 0,61$.

6 МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ШЛЮЗІВ

До механічного обладнання шлюзів належать ворота і затвори з їх приводними механізмами, допоміжне і ремонтне обладнання. Для безперебійного пропускання суден обладнання шлюзів повинне безвідмовно працювати протягом усього навігаційного періоду.

За призначенням та умовами роботи механічне обладнання розділяють на основне, допоміжне та ремонтне. До основного обладнання відносять ворота голів, затвори галерей та їх привідні механізми.

Затвор – це конструкція, що служить для зачинення або відчинення отвору в шлюзі з метою регулювання рівня та витрат води. Найчастіше застосовують плоскі і сегментні. Робота затворів повинна забезпечувати заданий гідравлічний режим. Водопровідні галереї для наповнення і спорожнення камери шлюзу обладнають робочими затворами, що повинні забезпечувати високу надійність під напором, відсутність вібрації і кавітації.

Ворота голів – це затвори, що перекривають тільки суднопропускні отвори. В основному, це поверхневі затвори. Вони відчиняються під час пропускання суден і зачиняються, щоб утримати тиск води.

Ворота, як і будь-який затвор, складаються з рухомої частини, яка безпосередньо перекриває отвір, і нерухомих (закладних) частин, які забезпечують переміщення рухомих частин і їх нормальну роботу під напором. Затвори, що працюють під напором, проектується ригельного типу і повинні забезпечуватися поперечними і поздовжніми зв'язками, що забезпечують роботу затвора як просторової конструкції.

Односекційні поверхневі затвори при відношенні сторін отвору, що перекривається, $H/L \leq 2/3$ роблять двохригельними з метою зменшення статичної невизначеності конструкції.

Пролітна будова сталевого затвора являє собою каркас у вигляді системи балок, перекритий обшивкою з листової сталі. Вона перекриває отвір і сприймає навантаження від води. До складу пролітної будови затвору входять наступні елементи:

Обшивка 1 сприймає тиск води і передає його на балочну клітину.

Балочна клітина складається зі стрингерів – балок, розташованих паралельно ригелям, і поперечних балок, перпендикулярних ригелям, – *діафрагм*.

Далі навантаження передається на головні несучі балки – *ригелі*. Ригелі сприймають від балочної клітини все гідростатичне навантаження і передають його на опорно-кінцеві стійки та опорно-ходові частини затвору.

Діафрагма (поперечні зв'язки) забезпечують рівномірність розподілу навантаження від балочної клітини на ригелі між верхнім і нижнім поясами і просторову незмінюваність прямокутника, утвореного головними ригелями і поздовжніми зв'язками. Розташовуються діафрагми у вертикальній площині перпендикулярно площині обшивки.

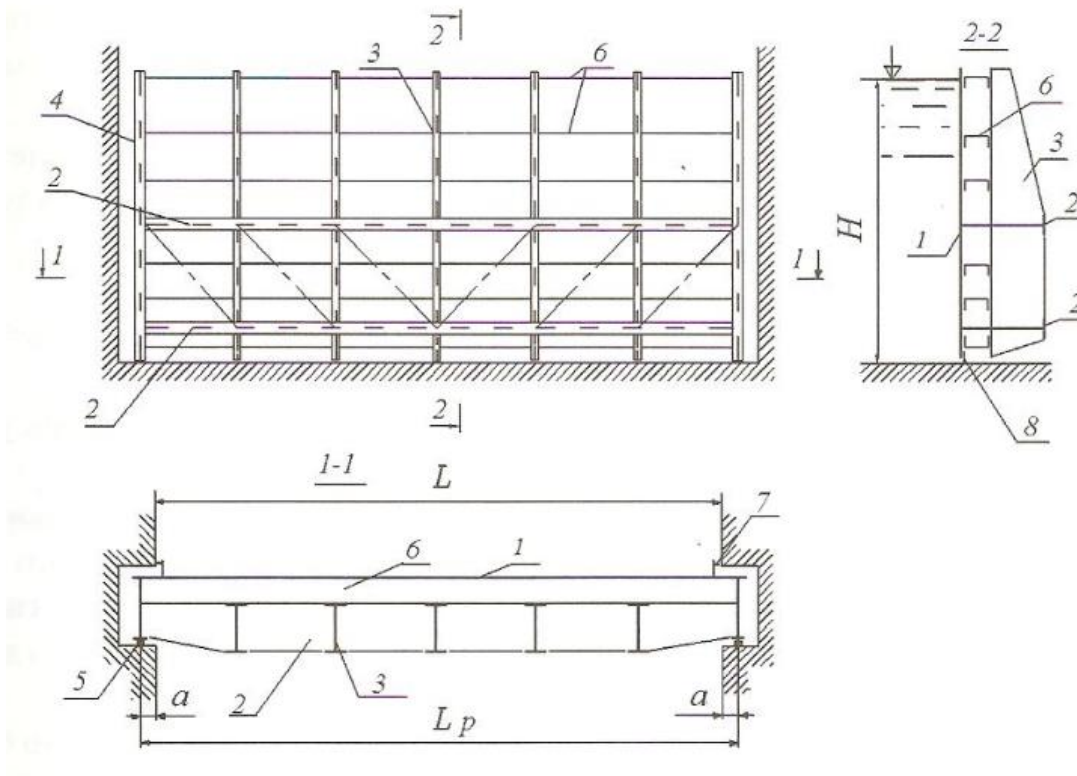


Рисунок 1 – Компонувальна схема двохригельного поверхневого затвору:

- 1 – обшивка; 2 – ригель; 3 – діафрагма; 4 – опорно-кінцева стійка;
 5 – направляюча рейка; 6 – стрингер; 7 – бічне ущільнення;
 8 – донне ущільнення

Поздовжні зв'язки розташовані у вертикальній площині, паралельній площині обшивки, але з «низової сторони» затвору. Сприймають вагу самого затвору та інші вертикальні навантаження, забезпечують незмінне положення ригелів, дозволяють зменшити провисання головних ригелів при підйомі затвору. Їх часто називають підйомно-ваговими фермами. Поясами підйомно-вагових ферм служать ригелі.

Опорно-кінцеві стійки розташовані вертикально по краях затвору, сприймають гідростатичне навантаження від головних ригелів і вертикальні навантаження від поздовжніх зв'язків, передають їх на опорно-ходові частини. На кінцевих стійках кріпляться опорно-ходові конструкції затвору і підвіси для кріплення тягових пристроїв підйомника.

Прийнявши конструктивну схему затвору відповідно до його призначення та практичного завдання, вибирають генеральні розміри затвору і опрацьовують його конструктивну схему (див. рис. 1).

Основними генеральними розмірами затвору є його розрахунковий проліт L_p і розрахункова висота H .

Розрахунковий проліт ригеля:

$$L_p = L + 2a \quad (23)$$

де L – проліт отвору в світлу;

α – відстань від осі опорно-ходового пристрою затвору до кромки паза; залежить від розташування елементів бічного ущільнення, конструкції та габаритів опорно-ходових пристроїв, від міцності бетону на сколювання; для поверхневих затворів приймають не менш ніж 250 мм.

Висота основних поверхневих затворів:

$$H = H + 0,2 \text{ м}, \quad (24)$$

де H – висота отвору, що перекривається, в м, як різниця між відмітками верхнього б'єфа і порогу отвору;

0,2 м – мінімальне перевищення верхнього обрізу затвору над розрахунковим рівнем води.

Поверхневі затвори проектують звичайно дворигельними. Умовою правильного розміщення ригелів є рівномірність їх навантаження тиском води. При дотриманні цієї умови ригелі виходять однакового перерізу. У дворигельному затворі ригелі встановлюються на рівній відстані від рівнодіючої тиску води $T = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2$ (рис. 6.2), де $\gamma = 9,81 \text{ кН/м}^3$ – питома вага води.

При цьому межригельна відстань l_p з метою збільшення жорсткості на кручення прогонової будови бажано мати як можна більше. Однак для розміщення нижнього стрингера – нижньої обв'язки і ущільнення – довжина консолі повинна бути не менше 400 мм.

Застосування суцільного або наскрізного перерізу ригелів визначається в залежності від їх прольоту L . Для затворів прольотом $L \leq 15 \text{ м}$ з урахуванням меншої трудомісткості виготовлення, як правило, застосовуються суцільні ригелі-балки. Для прольотів $L > 15 \text{ м}$ застосовують ферми.

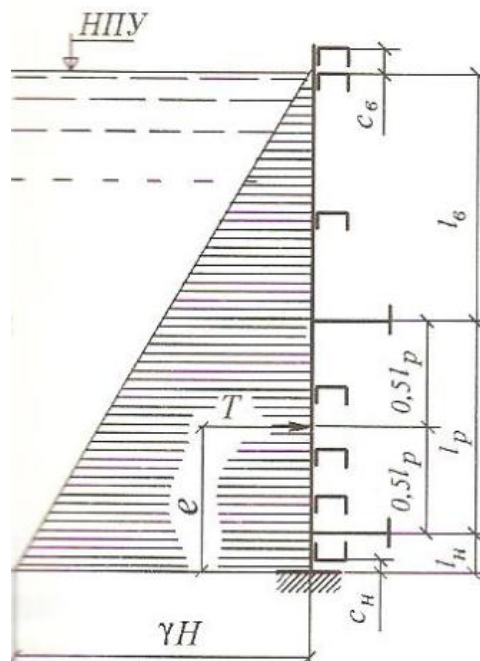


Рисунок 2 – Розміщення ригелів в плоскому поверхневому затворі

Поперечні зв'язки (діафрагми) розташовуються у вертикальній площині перпендикулярно обшивці затвору. Їх виконують суцільного або наскрізного перерізу. Діафрагми пов'язують каркас затвору в єдину конструкцію, забезпечують кращу передачу тиску води від обрешітки до ригелю та спільну роботу ригелів, сприймають випадкові сили, які діють не в площині ригелів.

Діафрагми по довжині ригелів розставляють з кроком $d = (0,75 \dots 1,5) \cdot l_p$.

Розміщення стрингерів за висотою затвору залежить від глибини занурення кожного з них, тобто з ростом тиску відстань між ними зменшується. Слід мати на увазі, що витрати металу на обшивку є досить великими – приблизно 30 % від маси затвору, в той же час маса стрингерів, як правило, не перевищує 8 %.

Обшивку розташовують з верхової сторони затвору (зі сторони верхнього б'єфу). Сталева обшивка з балочної клітки з поздовжнім набором стрингерів приймає велику участь у роботі всього затвору на вигин і дозволяє розраховувати затвор як просторову конструкцію (з включенням обшивки в розрахунковий переріз). Товщина обшивки плоских поверхневих затворів коливається від 6 до 20 мм. У затворах прольотом $L \leq 10$ м товщина обшивки повинна бути не менш ніж 8 мм, і в затворах прольотом $L > 10$ м товщину обшивки проектують не менш ніж 10 мм в цілях додання жорсткості всій конструкції і щоб уникнути отримання вм'ятин при випадкових ударах по обшивці. Незважаючи на те що обшивка в різних частинах затвору навантажена не однаково, з конструктивних міркувань товщину обшивки роблять постійною, а крок стрингерів диктує умову міцності обшивки.

Міцність обшивки і стрингерів розраховують на гідростатичний тиск води при закритому отворі. Для сприйняття ударів плаваючих тіл і льоду в рівні верхнього б'єфу, крім верхньої обв'язки, ставлять додатковий стрингер (рис. 6.2). Верхню обв'язку ставлять конструктивно на відстані $c_e = 120 \div 200$ мм.

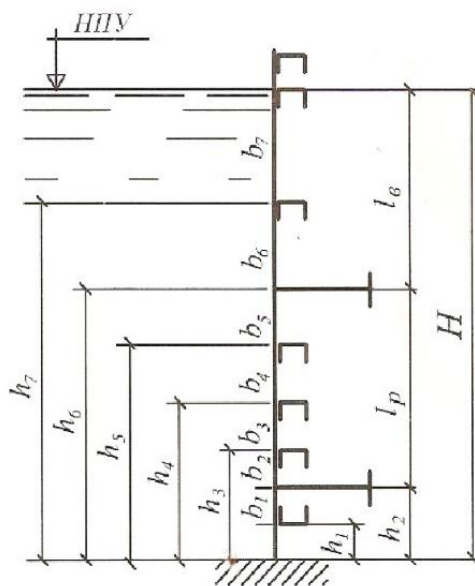


Рисунок 6.2 – Розміщення стрингерів

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Вихідні дані:

Варіант	n	n ₁	s, м	b _s , м	l _s , м
1	2	3	4	5	6
1	1	1	3,1	15,5	134
2	2	1	2,5	14,0	99
3	3	2	2,9	15,0	78
4	2	2	3,1	12,5	94
5	2	1	3,0	17,0	92
6	1	1	3,3	15,5	125
7	3	2	2,9	14,5	80
8	2	2	2,9	16,1	98
9	2	1	3,1	14,8	102
10	1	1	3,4	15,4	130
11	1	2	3,5	16,1	142
12	1	2	3,6	14,4	108
13	2	1	3,3	15,2	105
14	2	1	3,0	16,0	108
15	3	2	2,9	16,2	75
16	2	2	2,8	15,3	121
17	2	1	3,5	15,2	99
18	1	1	3,1	16,4	135
19	1	2	2,7	14,6	128
20	3	2	2,6	14,8	87
21	2	2	2,8	16,3	97
22	2	1	3,1	14,8	101
23	1	1	3,4	15,4	131
24	1	2	3,5	16,1	143
25	1	2	3,6	14,4	107
26	2	1	3,3	15,2	104
27	2	1	3,0	16,0	109
28	3	2	2,9	16,2	77
29	1	2	3,6	14,4	106
30	2	1	3,3	15,2	102

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пальченко О. Л. Водні шляхи, порти та підземні гідротехнічні споруди [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / О. Л. Пальченко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електр. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 148 с. – Режим доступу: <https://cutt.ly/2w0xV5gR>, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.
2. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення [Електрон. ресурс]. – Чинний від 01.01.2011. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 37 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-4/1704-dbn-v-2-4-32010-gidrotehnicni-sporudi-osnovni-polozhenna>, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування [Електрон. ресурс]. – Чинний від 01.01.2007. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 75 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dbn/DBN-V.1.2-22006.-SNBB.-Navantazhennya-i-vplivi.-Nor.pdf>, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.
4. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України [Електрон. ресурс]. – Чинний від 01.10.2014. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 110 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://mybud.com.ua/files/nd/dbn%20v.1.1-12%202014.pdf>, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Електрон. ресурс]. – Чинний від 01.11.2011. – Київ : Мінбуд України, 2011. – 123 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/577423/mod_resource/content/0/dstu-n-b-v.1.1-27-2010%20%D0%9A%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.
6. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://cutt.ly/cestZtTs>, вільний (дата звернення: 16.01.2025). – Назва з екрану.

Методичні рекомендації

до проведення розрахунково-графічної роботи

з навчальної дисципліни

«ВОДНІ ШЛЯХИ, ПОРТИ ТА ПІДЗЕМНІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні технології,
освітньо-професійна програма
«Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»)*

Укладач **ПАЛЬЧЕНКО** Олег Леонідович

Відповідальний за випуск *В. А. Александрович*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. Л. Пальченко*

План 2025, поз. 12М

Підп. до друку 24.01.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 1,5.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.