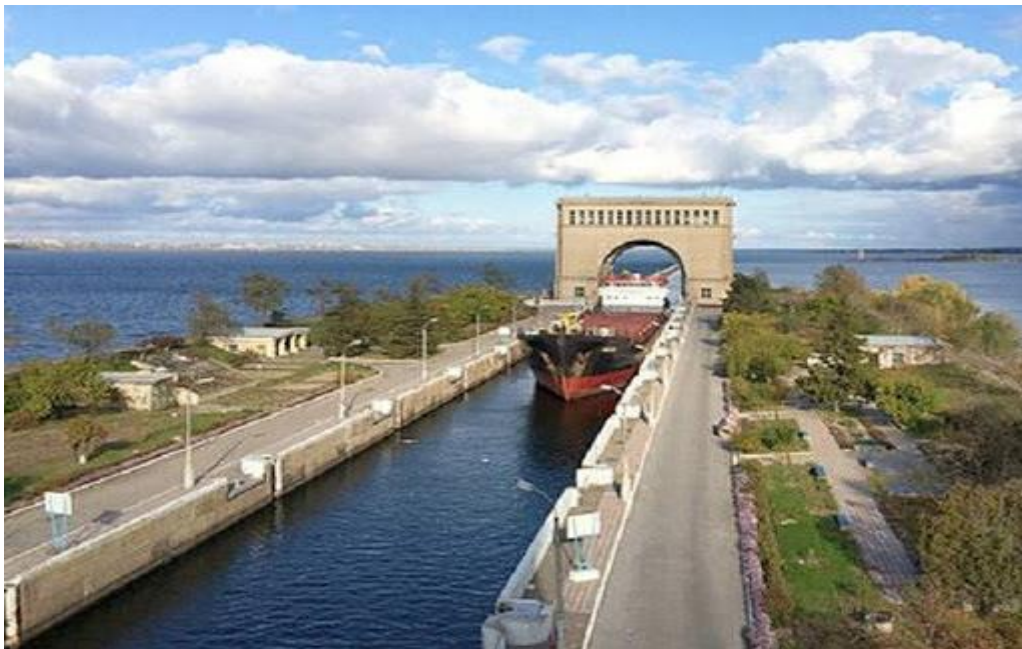


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

О.Л. Пальченко

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
РІЧКОВОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Навчально-методичний посібник



Харків 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

О.Л. Пальченко

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
РІЧКОВОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ**

Навчально-методичний посібник

для здобувачів вищої освіти спеціальності

192 «Будівництво та цивільна інженерія» другого (магістерського) рівня

Рекомендовано
науково-методичною радою
університету.
Протокол № 3 від 17.11.2022 р.

Харків
ХНУБА
2022

П-14
УДК 621.311.21

Рецензенти:
Ю.О. Ландау, д.т.н.,
ПРАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ»;
А.О. Мозговий, д.т.н., доц.,
Харківський національний університет будівництва та архітектури

Автор О.Л.Пальченко

П-14 Пальченко О.Л. Особливості забезпечення річкового водного транспорту: Навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» другого (магістерського) рівня. Харків: ХНУБА, 2022. 71 с.

Викладено загальні відомості про внутрішній водний транспорт та основні питання щодо проектування, будівництва та експлуатації воднотранспортних гідротехнічних споруд на водних шляхах.

Представлений навчально-методичний посібник відповідає вимогам щодо навчально-методичної літератури, включає перелік тем. Питання до кожної з них, мету та контрольні питання, є своєчасним та актуальним.

Призначено для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» другого (магістерського) рівня в якості навчально-методичного посібника з дисципліни «Особливості забезпечення річкового водного транспорту».

Іл. 31. Табл. 2. Бібліогр. 16.

© ХНУБА, 2022

ВСТУП

Програму вивчення варіативної навчальної дисципліни «Особливості забезпечення річкового водного транспорту» складено відповідно до освітньої професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Дисципліна «Особливості забезпечення річкового водного транспорту» відноситься до циклу варіативних дисциплін професійної підготовки.

Метою викладання навчальної дисципліни «Особливості забезпечення річкового водного транспорту» є формування системи знань про водний транспорт, водні шляхи, конструкції, основи проектування і експлуатації водотранспортних гідротехнічних споруд.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні володіти певними компетентностями, серед яких: здатність зрозуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в будівництві та цивільній інженерії; здатність знаходити оптимальні рішення при створенні окремих видів будівельної продукції з урахуванням вимог міцності, довговічності, безпеки життєдіяльності, якості, вартості, термінів виконання і конкурентоспроможності; здатність обґрунтовувати варіанти проектних рішень, методів організації та впровадження робіт на різних стадіях проектування, зведення і експлуатації об'єктів будівництва та цивільної інженерії; розраховувати ефективність і конкурентоспроможність нових технічних рішень та інноваційних проектів.

Тема 1 ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

1.1 Основні види водних шляхів та вимоги до них.

1.2 Особливості сучасного водного транспорту.

1.3 Історія водних шляхів і водного транспорту.

1.1 Основні види водних шляхів та вимоги до них

Водними шляхами називають водні простори й водотоки, які використовуються для перевезення по них вантажів і пасажирів. Водними просторами є океани, моря, озера, водоймища, річки, їхні припливи і канали. Водні шляхи, звичайно, розділяються: на зовнішні – океанські, морські і внутрішні – річкові, озерні. Внутрішні водні шляхи у свою чергу розділяються на природні й штучні. Природними внутрішніми водними шляхами є річки й озера в їх природному стані. До штучних – відносяться ошлюзовані річки й водоймища, а також судноплавні канали.

Для оцінки ролі внутрішніх водних шляхів у загальній системі транспорту розглянемо вимоги, які пред'являються до транспорту.

До сучасного транспорту пред'являються наступні вимоги: дешевизна перевезень; терміновість перевезень; безпека для пасажирів і вантажів; масовість перевезень; сталість і регулярність перевезень.

1.2 Особливості сучасного водного транспорту

Оцінимо, на скільки водний транспорт задовольняє цим вимогам і які його переваги й недоліки.

Річковий транспорт за належної його організації – є найбільш дешевим із усіх видів транспорту з наступних причин:

- по-перше, значно менші порівняно з іншими видами транспорту витрати енергії на переміщення вантажів (менші витрати палива);
- по-друге, відносно менші витрати на утримання рухомого складу, менший відсоток ваги мертвого вантажу (тари);
- по-третє, значно менші витрати на спорудження й зміст водного шляху порівняно з залізничним.

За терміновістю перевезень річковий транспорт відповідає меншою мірою вимогам, ніж інші види.

Відносно безпеки руху, як показує статистика, річковий транспорт має переваги порівняно з залізничним, автомобільним і авіаційним.

Під масовістю перевезень розуміють, з одного боку, пристосованість транспорту для перевезення будь-якого виду вантажу й, з іншого, здатність перевозити одночасно велику кількість однотипних вантажів.

Річковий транспорт цілком відповідає цим вимогам, так як він може приймати до перевезення, як штучні вантажі будь-яких розмірів (аж до зібраних

ферм сталевих мостів), так і різного роду навалочні вантажі, які виконуються наливом.

Вимогам регулярності й постійності перевезень у наших кліматичних умовах річковий транспорт повністю задовольняє.

Доцільність перевезення тих або інших вантажів внутрішніми водними шляхами, більшою мірою, залежить від географічних і технічних особливостей цих шляхів. Географічною особливістю внутрішніх водних шляхів є те, що планове положення їх визначається гідрографією й звивистістю річкової мережі. У зв'язку з цим коефіцієнти подовження шляху на внутрішніх водних шляхах більші, ніж на сухопутних видах транспорту.

Основною технічною особливістю водних шляхів є відносно малий опір і невелика швидкість руху по них судів. Відносна дешевизна водного транспортування вантажів привела до розвитку, у деяких державах, змішаних водно-залізничних перевезень. Доцільні так само й економічні водні перевезення багатьох вантажів на судах змішаного плавання (типу «ріка – море») між двома річковими портами в басейнах різних морів або між морським і річковим портами.

1.3 Історія водних шляхів і водного транспорту

Використання водних просторів як шляхів сполучення відноситься до найдавніших часів. Перші історичні відомості про існування портів відносяться до третього тисячоліття до нашої ери. Більш ніж за 500 років до н.е. на утруднених для плавання судів на веслах і вітрилах ділянках деяких рік (у тому числі р. Тигру і р. Євфрату) велися роботи з регулювання русел. Приблизно до цього ж періоду часу відносяться й побудови перших судноплавних каналів. Відомо, що за шість століть до н.е. існував канал від р. Ніл до Червоного моря.

У Росії ще до X ст.н.е. існував «великий шлях з варяг у греки», яким наші предки плавали між Балтійським і Чорним морями північними річками і Дніпром, переміщаючи човни через вододіли між їх притоками “волоками” і в обхід дніпровських порогів на колодах-катках та інших пристосуваннях.

У Західній Європі, починаючи з XIII – XIV ст.н.е. від судноплавних річок до торговельних міст, які промислово розвивалися, стали будувати відкриті судноплавні канали. На окремих мілководних притоках судноплавних річок будувалися напівшлюзи, що являли собою, по суті, розбірні щитові водоскиди з судноплавним отвором, під час пропусків води через які невеликі судна того часу спускалися до більш багатководних і глибоких ділянок річок.

Камерні шлюзи на судноплавних каналах, які вперше дозволили судам вільно й безпечно переборювати невеликі перепади, стали будуватися з XV століття. Перше зображення камерного шлюзу виявлено в рукописах геніального середньовічного вченого й художника Леонардо да Вінчі (1452–1519), який вважається винахідником даного типу споруд. Розвиток в XVI – XVII століттях у західній Європі (переважно в Англії й Франції) мануфактури викликав необхідність у доставці значної кількості вантажів до

промислових центрів, міст і морських портів. Для забезпечення водних підходів до них був побудований ряд судноплавних каналів і деякі шлюзовані мілководні верхівкові ділянки річок, що дозволило плавати ними малим судам того часу (вантажопідйомністю 100-200 тон).

У Росії на початку XVIII ст. за часів Петра I був побудований Іванівський канал, який поєднав Оку з верхів'ями Дону, створено першу шлюзовану водну систему – Вишневолодську, що дала невеликим судам можливість виходити з Волги до Балтійського моря, будувалися Приладозькі обхідні канали.

Наприкінці XIX – початку XX ст. у Німеччині було побудовано нові ділянки Середньонімецького каналу, канали Липпе, Рейн - Герне та ін. У США побудували кілька судноплавних каналів і шлюзували верхні ділянки ряду річок – Огайо, Міссісіпі та ін. Нові судноплавні канали створили у Франції й Бельгії.

На Волхові на скельній основі був зведений судноплавний шлюз із напором 10 м, введений в експлуатацію в 1926 р. – це перша велика судноплавна споруда, побудована в СРСР. У 1928–1933 рр. між Білим і Онезьким озерами ввійшов в експлуатацію Беломоро-Балтійський канал з 19-ма судноплавними шлюзами, створивши вихід до моря судам з Волги (через Мар'їнську систему). Потім на річці Свір був побудований Нижньосвірський енергетично-транспортний гідровузл із судноплавним шлюзом напором 12,5 м. Даний шлюз є першою великою судноплавною спорудою, зведеною в СРСР на нескельних ґрунтах (на м'якій девонській глині).

У 1952 році став до ладу діючих найбільший Волго-Донський комплекс гідротехнічних споруд (воднотранспортних, енергетичних і меліоративних). Даний комплекс, що складається з Волго-Донського судноплавного каналу й Цимлянського гідровузла на Доні, дав вихід водному транспорту з Волзького басейну в Чорне море. У Центральній Азії на Каракумському каналі зведено шлюзи, що дозволили використати його для судноплавства. Судноплавний шлюз із підходами до них побудований на Тахіаташському гідровузлі основного іригаційного призначення (р. Амудар'я).

Контрольні питання

1 Назвати основні типи водних шляхів. Назвати вимоги, що пред'являються до судів.

2 Назвати основні переваги та недоліки водного транспорту.

3 Визначити основну технічну особливість сучасного водного транспорту.

4 Проаналізувати історію використання водних шляхів.

Тема 2 СУДНА ТА СПОСОБИ ТЯГИ

2.1 Вимоги, що ставляться до суден.

2.2 Конструктивні елементи суден.

2.3 Основні типи суден внутрішнього плавання.

2.4 Способи тяги суден.

2.1 Вимоги, що ставляться до суден

Перевезення пасажирів і всіх видів вантажів внутрішніми водними шляхами здійснюється на судах і баржах.

Судна різного призначення повинні володіти наступними загальними якостями, а саме: плавучістю, остійністю, міцністю, ходовістю, повороткістю й вантажопідйомністю.

Плавучість – це здатність судна з повним вантажем триматися на воді в нормальному положенні, для чого підводна частина судна повинна бути водонепроникна. Запас плавучості судна пов'язаний з висотою підводного борта h_B за умовами його водонепроникності й встановлюється для суден річкового плавання в межах від 0,2 до 0,8 м, а для озерного плавання – 2 м і більше над рівнем води.

Під остійністю судна мається на увазі його здатність під час дії бокових сил, що викликають крен, зберігати рівновагу й здатність його повертатися до нормального (вертикального) положення у разі припинення дії бокових сил.

Судно, як і будь-яка споруда, повинно задовольняти умовам міцності. Тому міцність корпусу судна і всіх його елементів повинна забезпечуватися під час різного навантаження (вага двигунів, судових пристроїв і вантажу) по довжині й ширині, за будь-якого положення його відносно вітрової хвилі, а також під час навалу його на причальні споруди під час причалювання.

Вантажопідйомність суден визначається як різниця між водотоннажністю судна з повним вантажем і водотоннажністю порожнього судна:

$$G = \gamma_B \cdot \delta_C \cdot l_O \cdot b_O \cdot S_C - \gamma_B \cdot \delta_{П} \cdot l_O \cdot b_O \cdot S_{С.П.}, \quad (1)$$

де γ_B – щільність води;

$\delta_{П}$ – коефіцієнт повноти водотоннажності судна в порожньому стані;

δ_C – коефіцієнт повноти водотоннажності судна з повним вантажем;

$\delta_C = (0,85 - 0,9)$ – для несудноплавних суден і $\delta_C = (0,7 - 0,8)$ – для судноплавних суден;

l_O – довжина судна;

b_O – ширина судна

S_C – осадка судна з повним вантажем;

$S_{С.П.}$ – осадка порожнього судна.

Ураховуючи, що $\delta_{II} \approx \delta_c$ і $\gamma_B = 1 \frac{m}{M^3}$, для наближеного визначення вантажопідйомності суден часто користуються формулою:

$$G = \delta_c \cdot l_o \cdot b_o (S_c - S_{c.п.}). \quad (2)$$

Повороткістю судна називається здатність його обертатися під дією руля навколо миттєвої вертикальної осі.

Для суден, що ходять внутрішніми водними шляхами, що часто мають вузький і звивистий фарватер, їх повороткість має більш велике значення, ніж для морських суден. У зв'язку з цим, для суден внутрішнього сполучення мінімальний діаметр циркуляції $D_{ц}$ по замкнутій кривій, яку судно описує при максимальному куті повороту руля, приймають такою, що дорівнює:

$$D_{ц} = 2R_{ц} \leq 4l_c, \quad (3)$$

де l_c – найбільша довжина судна, м.

Ходовість водотоннажних суден залежить від опору води R їх руху, на подолання якого витрачається робота двигунів. Загальний опір руху судна з боку водного середовища складається з трьох основних елементів:

- опору тертя між підводною поверхнею судна й струменями води, які обтікають судно;
- коловоротного або вихрового опору;
- хвильового опору.

Для суден, що переміщаються внутрішніми водними шляхами, необхідно враховувати швидкість самого потоку й живий перетин водного шляху.

Опір судна на ходу можна визначити за формулою В.В.Звонкова:

$$R = f \cdot \omega_3 \cdot v_c^{1,83} + \delta \cdot \phi \cdot O \cdot v_c^{1,7+0,15v_{cc}}, \quad (4)$$

де f – коефіцієнт тертя, рівний $0,17$ – для металевих суден і $0,23 - 0,25$ – для дерев'яних;

ω_3 – змочена поверхня судна, m^2 ;

v_c – швидкість руху суден, m/c ;

δ – коефіцієнт повноти водотоннажності судна;

ϕ – коефіцієнт коловоротного опору, для клинчастих суден – $\phi = 10,5$, для ложкоподібних – $\phi = 7 \div 8$;

O – площа зануреного мідельшпангоуту.

Для одержання величини опору руху судна в обмеженому водному просторі R_H вводять поправочний коефіцієнт K_e :

$$R_H = K_e \cdot R; \quad (5)$$

$$K_e = \left[\frac{n}{n - (1 + 0,2^{\delta^2} \cdot v_c^2)} \right]^{2,25}, \quad (6)$$

де $n = F / O$, а F – площа живого перетину ріки або каналу, m^2 .

Як бачимо, опір судна на ходу залежить від коефіцієнта повноти δ і збільшується з його збільшенням.

Якщо живий перетин водного шляху зменшується, то опір руху судна зростає.

2.2 Конструктивні елементи суден

Конструкції суден досить різноманітні й залежать як від типів суден, так і від основних матеріалів, з яких вони виконуються.

Корпус судна являє собою коробчасту балку, що складається з днища, бортів і палуби. Днища й борти становлять зовнішню обшивку судна. Обшивка судна підтримується рядом балок, розташованих усередині судна в поперечному й поздовжньому напрямках.

Поперечні балки, вигнуті за формою корпусу й розташовані вздовж судна на рівних відстанях одна від одної, називаються шпангоутами. Шпангоути в сталевих річкових судах складаються, звичайно, з одного або двох куточків. Другий куточок приклепується зі зворотної сторони.

По днищу між зворотним і прямим шпангоутним куточком від одного борта до іншого укладаються листи, які утворюють так званий флор. У палубних судах палуба підтримується поперечними балками, які називаються бімсами. Бімси ставляться, звичайно, в одній площині зі шпангоутами, утворюючи разом з ними замкнені рами. Бімси вигинаються догори для додання палубі опуклої форми, що полегшує стік вод до бортів і збільшує поздовжню жорсткість судна.

На середині прольоту бімси часто підтримуються стійками – пілерсами. Поздовжні балки, що проходять уздовж усього корпусу судна, називаються кільсонами. Поздовжня балка, що проходить по днищу в діаметральній площині судна, називається кілем або кільовою балкою.

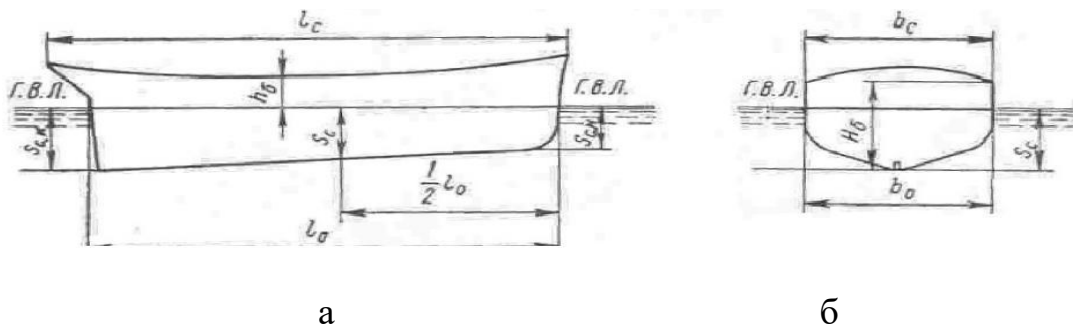
У передньому й задньому краях судна кільова балка переходить у так звані штевні, в передній частині судна – форштевень і в задній частині – ахтерштевень.

Для збільшення поздовжньої міцності по бортах укладаються поздовжні балки, які мають назву бортових стрингерів або полок, а по палубі ставляться додаткові листи обшивки – палубні стрингери. Поздовжні балки, які розташовані між бімсами, називаються карлінгами.

Розміри суден. Основними розмірами або, як їх називають у суднобудуванні, розміреннями судна є його довжина, ширина й висота борта (рис.1).

Співвідношення між наведеними основними розмірами судна є важливими характеристиками його форми. Відношенням l_c/H_B більшою мірою визначають міцність корпусу судна, на судах внутрішнього плавання: для судноплавних суден це відношення дорівнює (12–30), для несамохідних – (25–40).

Відношення l_o/b_o характеризує умови руху суден: чим більше відношення, тим судно більш швидкохідне. Для вантажопасажирських суден внутрішнього плавання це відношення дорівнює (7–9), для несамохідних вантажних суден – (5–7).



а – поздовжній розріз по осі; б – поперечний переріз по міделевому перетину; Г.В.Л. – вантажна ватерлінія; l_o – довжина судна; l_c – найбільша довжина судна; b_o – ширина судна; b_c – найбільша ширина судна; H_B – висота борта судна; S_c – осадка судна; $S_{c.н.}$ – осадка носом; $S_{c.к.}$ – осадка кормою.

Рисунок 1 – Основні та габаритні розміри судна

Водотоннажністю судна W називають його вагу разом з вантажем (у тонах). Воно чисельно дорівнює (у прісній воді) обсягу підводної частини судна, вираженому в кубічних метрах. Водотоннажність судна визначається за формулою:

$$W = \delta_c \cdot l_o \cdot b_o \cdot S_c, \quad (7)$$

де δ_c – коефіцієнт повноти водотоннажності судна з повним вантажем.

2.3 Основні типи суден внутрішнього сполучення

Класифікувати судна можна за наступними ознаками:

– за районом (умовами) ходіння, в залежності від вітрохвильового режиму на водному шляху судна ділять на 4 класи: на річкові судна полегшеного типу для ходіння малими річками; на річкові судна для великих

річок; на судна озерного плавання (великі озера, водосховища); судна змішаного плавання типу «річка-море» з обмеженим виходом в море;

– за родом основного матеріалу, з якого вони виконані – дерев'яні, сталеві, залізобетонні й змішані;

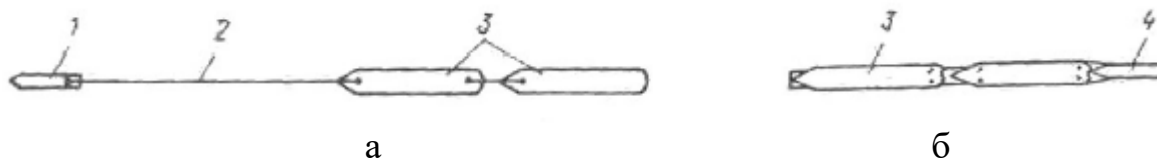
– за способом переміщення – на судна самохідні і несамохідні;

– за призначенням – на судна транспортні, буксирні і службово-допоміжні, судна технічного флоту, спеціальні. В свою чергу транспортні судна можуть бути вантажними, вантажопасажирськими і пасажирськими, а вантажні судна бувають для сухого вантажу, для рідин і спеціалізованими. Другу групу складають буксири для переміщення несамохідних барж. Водні Технічний флот підтримує водні шляхи в належному стані.

2.4 Способи тяги суден

Існують два способи тяги несамохідних суден, що переміщаються внутрішніми водними шляхами – буксирна й берегова. У наш час основною з них є буксирна тяга.

Буксирна тяга (рис.2), за якої несамохідні судна переміщаються самохідним судном, буває двох видів – за буксиром на канаті або перед штовхачем.



а – буксиром на довгому канаті; б – штовхачем

(1 – буксирне судно; 2 – канат; 3 – несамохідні судна; 4 – штовхач)

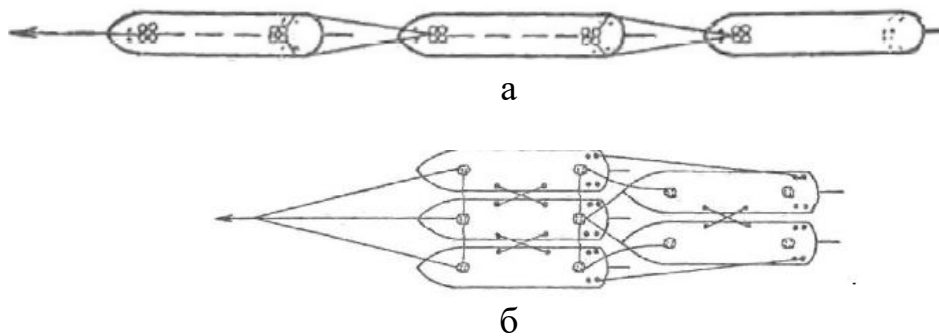
Рисунок 2 – Буксирна тяга складів суден

Буксирне судно разом з судами, які воно буксирує, називається буксирним составом або составом суден. За буксиром судна і плоти ведуться на сталевому канаті, передній кінець якого кріпиться за буксирне судно, а задній – за несамохідні судна, які буксують.

Розміщення несамохідних суден у составі за буксирним судном залежить від способу буксирування, напрямку руху (вгору або вниз за течією), типів суден і умов ходіння їх водним шляхом (швидкість течії, кривизна русла, наявність суднопропускних споруд і т.п.).

У випадку буксирування декількох суден за буксиром проти течії їх, звичайно, зчалюють гнучко одне за одним з мінімальною відстанню між ними (рис. 3,а). У випадку буксирування декількох суден за течією їх іноді зчалюють, установлюючи в два-три ряди бортами одне до одного (рис. 3,б). При цьому основний канат кріплять на середньому судні, а інші зчалюють між собою більш тонкими снастями хрест – нахрест. На водоймищах і в озерах судна у

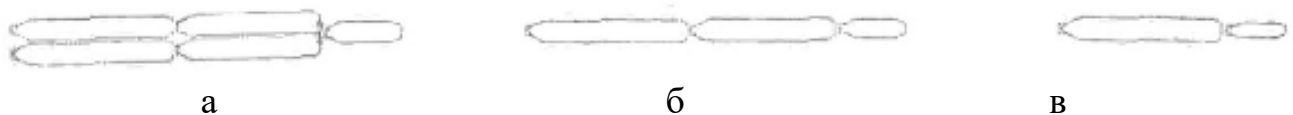
составах, які буксирують на довгому канаті, розташовують в один ряд, на відстані не менше 30 м одне від одного.



а – під час руху проти течії; б – під час руху за течією

Рисунок 3 – Розташування несамохідних суден у складах за буксирним судном

Штовхач розташовується безпосередньо за судами, на останнє з яких він передає тягове зусилля через упорні конструкції (рис.4).



а – із чотирьох суден; б – із двох суден; в – з одного судна

Рисунок 4 – Штовхаючі склади

Берегова тяга суден за допомогою канатів механічними двигунами (паровозами, пізніше тракторами) широко застосовувалася в минулому на судноплавних каналах.

Контрольні питання

- 1 Описати вимоги, які пред'являються до суден.
- 2 Описати основні конструктивні елементи суден.
- 3 Описати основні типи судів внутрішнього сполучення.
- 4 Описати методику визначення основних розмірів суден.
- 5 Описати способи тяги суден.

Тема 3 СУДНОПЛАВНІ РІКИ В ПРИРОДНОМУ СТАНІ І ПОЛІПШЕННЯ СУДНОПЛАВНИХ УМОВ НА НИХ

3.1 Вимоги, які пред'являються судноплавством до водного шляху.

3.2 Габарити водних шляхів.

3.3 Судноплавні глибини водного шляху.

3.4 Способи поліпшення судноплавних умов.

3.1 Вимоги, які пред'являються судноплавством до водного шляху

Річки в природному стані можуть бути використано для цілей водного транспорту, тому вони повинні задовольняти наступним вимогам:

– при щонайнижчому судноплавному горизонті річки повинен бути збережений фарватер; фарватер повинен мати глибини, достатні для ходіння судів з визначеною осадкою, та ширину, що допускає вільну розбіжність двох зустрічних суден; мінімальний радіус закруглення фарватеру повинен дозволяти вільно розвертатися судну;

– наявні на річці споруди не повинні заважати руху суден за фарватером;

– швидкість течії річки в навігаційний період не повинна перевищувати величини, яка допускає рух окремих суден або буксирних груп вверх за течією;

– русло річки в межах фарватеру не повинне бути засмічене предметами, які заважають безпечному руху суден: каменями, деревами і судами, що затонули, частинами старих споруд;

– тривалість навігації не повинна бути занадто короткочасною (не тільки у паводок, але й у межень).

Під час вирішення питання про те, чи може ріка в природному її стані бути судноплавною, необхідно враховувати загальний гідрологічний режим річкового русла.

Русло рівнинної річки в плані, як відомо, звичайно, являє собою ряд меандр, тобто плавно сполучених між собою звивин. Таке розташування ріки в плані обумовлено її ерозійною діяльністю і є найбільш стійким для рік, що протікають у широких заплавах, утворених відкладеннями самої ріки. У той самий час ерозійні процеси, триваючи постійно, викликають поступове переміщення меандр униз за течією ріки (рис.5).

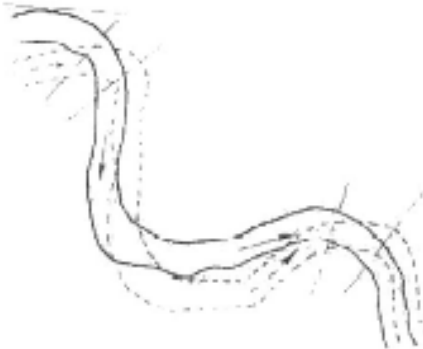


Рисунок 5 – Пересування меандр ріки

Обрису ріки в плані відповідає і рухомий її рельєф. Русло ріки складається з ряду поглиблених місць – плесів, розташованих у межах звивин з найбільшими глибинами увігнутих берегів, які підмиваються, розділених більш мілкими місцями – перекатами, що розташовуються на прямих ділянках рік і між двома звивинами.

Повздовжній профіль ріки, побудований по лінії найбільших глибин, являє собою хвилясту лінію із плесами і перекатами, що чергуються (рис.6).

Перекат, що має найменшу на даній ділянці ріки глибину і з якого визначається допустима осадка суден, називається нормуючим.

На плесах і перекатах ухили поверхні води є різними. У період межені за малих витрат ухили поверхні води на перекатах є більшими, ніж на плесах і відбувається розмив перекатів.



Рисунок 6 – Повздовжній профіль ділянки ріки

У період високих вод ухили поверхні потоку в межах плесів є більшими, ніж на перекатах. У цей час відбувається посилений розмив дна в плесах і відкладення наносів на перекатах.

Що стосується радіусів закруглення річки, то вони рідко бувають меншими за трикратну ширину ріки. Фарватер, звичайно, має трохи більшу кривизну, ніж геометрична вісь русла.

3.2 Габарити водних шляхів

Судноплавання відбувається не по всій ширині річки або озера, а за судновим ходом (або інакше фарватером), яким називається водна смуга з глибиною й шириною при проектних рівнях води, не менших за гарантійні.

Дана смуга позначається спеціальними знаками річкової або озерної обстановки й розташовується в тій частині водного шляху, де існує менше перешкод.

Основні розміри суднового ходу, що обумовлюють розміри плаваючих по ньому суден, називають габаритами водного шляху.

До них відносяться глибина на наймілких перекатах, ширина суднового ходу, радіуси його закруглень, розміри гідротехнічних споруд на штучних водних шляхах (довжина і ширина камер шлюзів), розміри мостових отворів (ширина мостового отвору вимірюється у світлі між мостовими опорами, а висота – від низу ферми прольотної будови моста до найвищого розрахункового судноплавного рівня води).

Гарантійні габарити (глибина, ширина, радіуси закруглень) встановлюються або як мінімальні навігаційні, або як диференційовані (залежно від рівнів води).

Основним орієнтиром під час планування, проектування й виробництва робіт, пов'язаних з поліпшенням судноплавних умов річок, є так званий проектний рівень води, за який приймається один з найнижчих навігаційних рівнів, що має забезпеченість 95–99% для магістральних рік і 80–95% – для шляхів місцевого значення.

3.3 Судноплавні глибини водного шляху

Однією з основних умов судноплавства на річці є наявність по всій довжині фарватеру глибин, що допускають прохід суден з певним осіданням. Дана умова виражається наступною залежністю:

$$H_{C \min} = S_{C \max} + \sum \Delta S, \text{ м}, \quad (8)$$

де $\sum \Delta S = \Delta S_C + \Delta S_D + \Delta S_B + \Delta S_H$;

ΔS_C – мінімальний (кільовий) запас під днищем судна, приймається рівним (0,1–0,3) м;

ΔS_D – збільшення осадки судна під час руху;

ΔS_B – запас глибини на хвилю;

ΔS_H – запас на відкладення наносів, приблизно приймається рівним (0,2–0,5) м;

Збільшення осадки судна під час руху його мілководдям може бути приблизно визначено за формулою:

$$\Delta S_D = k_D (k_D^2 - 1) \sqrt{\left(\frac{S_C}{h_C}\right) \left(\frac{V_C^2}{2g}\right)}, \quad (9)$$

де $k_D = 1,8 - 0,1 \left(\frac{l_o}{b_o}\right)$.

Під час руху або відстоювання суден на озерах, водоймищах, у б'єфах та інших акваторіях потрібен додатковий запас глибини на хвилю.

Величина цього запасу визначається за формулою:

$$\Delta S_B = 0,3h_B - \Delta S_C, \quad (10)$$

де h_B – розрахункова висота хвилі.

Ширина фарватеру. На різних ділянках природних і штучних водних

шляхів ширина суднового ходу (фарватеру) B_o залежить від установленого порядку руху – двостороннього або одностороннього, від бокового впливу вітру й течії, від кривизни суднового ходу й радіусу його закруглення.

Ширина двостороннього суднового ходу на прямолінійних ділянках, при найбільшому вантажному осіданні суден повинна бути більшою або дорівнювати:

$$B_o = B_{CT1} + B_{CT2} + a_c + 2a_b, \quad (11)$$

де B_{CT1} і B_{CT2} – ширина найбільших розбіжних суден;

a_c і a_b – відповідно запаси між судами, а також між ними й укосами ґрунту.

Для одностороннього руху ширина суднового ходу визначається таким чином:

$$B_o = B_{CT} + (1,2 \div 1,3) \cdot 2a_c \quad (12)$$

За умови безпеки руху суден:

$$a_{Cmin} = 0,2B_{CT} \text{ і } B_o \geq B_{CT}. \quad (13)$$

Для крупних судів ширину судового ходу рекомендується приймати такою:

$$B_o \geq 2B_C + 0,07l_C + 2a_c. \quad (14)$$

Радіуси закруглень і розширень суднового ходу на кривих. Судноплавні судна, а також жорстко зчлені состави несудохідних штовхаючих суден, можуть вільно рухатися по криволінійних суднових ходах з радіусом кругових кривих, що дорівнює:

$$R_{min} \geq 4l_{CT}, \quad (15)$$

де l_{CT} – довжина жорстко зчлененого составу або самохідного судна.

Для буксирування ж гнучко зчлененого составу суден радіус кривих суднового ходу буде дорівнювати:

$$R_{min} \geq 5l_C, \quad (16)$$

де l_C – довжина найбільшого несамохідного судна.

Ширина суднового ходу на криволінійних ділянках збільшується, тому для визначення величини цього розширення використовується наступна формула:

$$\Delta B_o = 2 \cdot \frac{0,35l_{CT}^2}{R}, \quad (17)$$

На кривих ділянках з $R > 20l_{ст}$ суднові ходи не враховуються.

Класифікація водних шляхів. Внутрішні водні шляхи підрозділяють на категорії лише за судноплавними глибинами. Класифікацію водних шляхів наведено в таблиці 1. Існує багато річок, які у природному стані не задовольняють вимогам судноплавства за своїми глибинами, радіусами закруглень, засміченістю й мають потребу в спеціальних технічних заходах для приведення їх у судноплавний стан.

Таблиця 1 – Класифікація водних шляхів

Категорії водного шляху	Глибина суднового ходу, (м)	
	Найменша гарантована	Використовувана флотом
I – надмагістралі	більше за 2	більше за 3
II – магістралі	1,1 – 2,6	1,65 – 3
III – шляхи місцевого значення	0,6 – 1,4	1 – 1,65
IV – малі ріки	0,45 – 0,8	до 1,0

3.4 Способи поліпшення судноплавних умов

Для організації на річках правильного судноплавства необхідно провести ряд технічних заходів, а саме: спорудити навігаційне огородження, виконати руслоочищення, виправлення русла, днопоглиблення, регулювання стоку, будівництво шлюзів і каналів. Із зазначених вище заходів руслоочищення, виправлення русла й днопоглиблення мало змінюють природний режим річок, але в той самий час являються заходами щодо поліпшення судноплавного стану природних водних шляхів.

Регулювання стоку, будівництво шлюзів і каналів, навпаки, докорінно змінюють природний режим річок і переводять їх у розряд штучних водних шляхів. Навігаційне огородження, як засіб забезпечення безпеки судноводіння, однаково застосовується як на природних, так і на штучних водних шляхах. Руслоочищення може застосовуватись як на природних, так і на штучних водних шляхах, але найчастіше – на природних.

Контрольні питання

- 1 Описати вимоги, які пред'являються судноплавством до водного шляху.
- 2 Описати методику визначення габаритів водних шляхів.
- 3 Описати категорії водного шляху.
- 4 Описати способи поліпшення судноплавних умов рік.

Тема 4 ШТУЧНІ ВОДНІ ШЛЯХИ

4.1 Основні види штучних водних шляхів.

4.2 Компонування суднопропускних споруд у гідровузлах і на каналах.

4.3 Обхідні й підхідні судноплавні канали.

4.4 Міжбасейні воднотранспортні з'єднання.

4.1 Основні види штучних водних шляхів

На річках і їхніх припливах, що перебувають у природному стані, витрати води, а отже, і гарантовані судноплавні глибини зменшуються вгору за течією. Збільшення судноплавних глибин днопоглибленням або виправленням русла неможливе. Все це викликає необхідність створення штучних водних шляхів.

Залежно від свого призначення й характеру штучні водні шляхи підрозділяють на наступні види:

- шлюзування річки;
- обхідні й підхідні судноплавні канали;
- міжбасейні воднотранспортні з'єднання.

Шлюзування річок. Шлюзуванням річки називається радикальний спосіб збільшення судноплавних глибин зведенням на ній ряду гідровузлів, що підвищують у період навігації рівень води в річці порівняно з тим, який він був у природному її стані. Для збільшення судноплавних глибин на всій шлюзуваній ділянці річки розташування гідровузлів і напори води на них повинні бути такими, щоб підпір від гідровузла, який знаходиться нижче, забезпечував у нижньому б'єфі вище розташованого гідровузла задані судноплавні глибини. При цьому річка розділяється гідровузлами на ряд б'єфів.

Загальна схема шлюзування мілководної ділянки річки залежить, крім природних умов, у першу чергу від характеру її використання й проектною судноплавної глибини.

Технічні схеми шлюзування істотно розрізняються, якщо:

- шлюзування ріки проектується тільки в транспортних цілях – для поліпшення судноплавних умов;
- каскад гідровузлів на річці проектується для комплексного використання її водних ресурсів – в інтересах як водного транспорту, так і інших галузей водного господарства (енергетики, меліорації, водопостачання тощо).

Шлюзування річки вимагає спорудження гребель. Для збільшення транзитних глибин розташування гребель і їхня висота повинні бути підібрані таким чином, щоб підпір від нижче розташованої греблі поширювався до греблі, що лежить вище, і глибини безпосередньо відповідали заданим. При цьому річка розбивається на ряд б'єфів, що поєднуються між собою. Перехід суден з одного б'єфа в іншій відбувається за допомогою спеціальних споруд – камерних шлюзів або суднопідіймачів, розташованих або в самому річковому

вузлі, або в особливому обхідному каналі. Розглянемо схему шлюзування річки (рис. 7).

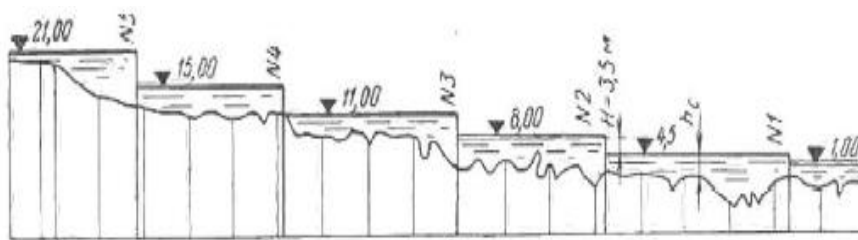


Рисунок 7 – Схема шлюзування річки

Для визначення необхідного підпору H , створюваного греблями, необхідно побудувати криві підпору при різних характерних витратах річки. Вибір створів гребель виконується з урахуванням топографічних, геологічних, гідрологічних і місцевих господарських умов.

Якщо греблі на річці споруджуються винятково з метою збільшення судноплавних глибин, відстань між греблями і їхньою висотою обирається за умови одержання найбільшої пропускної здатності шлюзованого шляху й найменшої собівартості водних перевезень. Напори на греблях приймаються невеликими – $H = (2 \div 5)$ м, якщо відстань між ними становить кілька десятків кілометрів. Дані розміри обираються так, щоб у разі підпору річка не виходила з корінного русла й заплава не заливалася.

Греблі, збудовані при такому способі шлюзування, називаються судноплавними. Найчастіше застосовуються розбірні греблі, які підтримують напір у період межені; на паводок затвори їх повністю розбираються, а ферми укладаються на флютбет, причому в цей час судна проходять над покладеними фермами греблі (рис.8).

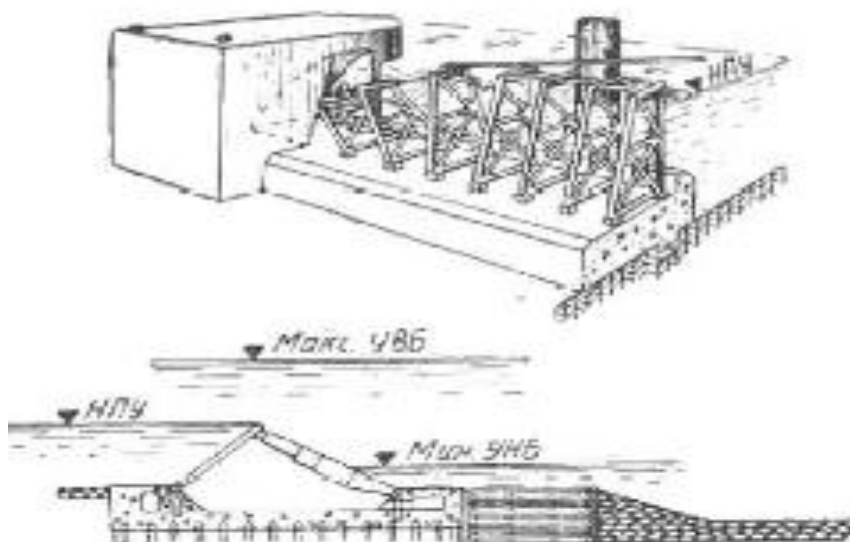


Рисунок 8 – Судноплавна гребля

Ферми встановлюють на флютбеті на відстані $1,25 \div 1,5$ м одну від одної. У випадку застосування зібраної греблі, побутова витрата води в річці переливається в нижній б'єф через затвори (щити). Після зборки греблі судноплавство здійснюється через шлюз.

Метод шлюзування низьконапірними розбірними греблями дуже широко застосовувався за кордоном.

Останнім часом у зв'язку із широким будівництвом гідроелектростанцій шлюзування розглядається як частина комплексної задачі щодо використання річок. Висота окремих гребель і їх взаємне розташування визначаються як вимогами, які гарантують певні транзитні глибини, так і умовами максимального ефекту від усього проєктованого каскаду ГЕС.

Остання вимога приводить до збільшення висоти гребель з одночасним збільшенням відстані між ними, так як для енергетичних цілей необхідне створення більших водоймищ. Для створення більших водоймищ використовують ґрунтові, бетонні й залізобетонні греблі.

Шлюзування річок методом побудови водоймищ сприяє регулюванню стоку річки, що дозволяє збільшити витрати в нижньому б'єфі, а, отже, й транзитні глибини на нижче розташованих ділянках річки. Перевагою цього методу є те, що значно знижуються швидкості річки через підпір, який дозволяє зменшити необхідну потужність буксирів і збільшити швидкість суден.

Поряд з позитивними для судноплавства наслідками зміни режиму річки за допомогою водоймищ є й негативні. До їхнього числа варто віднести:

- утворення значних вітрових хвиль;
- скорочення періоду навігації у зв'язку зі зміною льодового режиму;
- неможливість лісосплаву через малі швидкості в підпірних б'єфах;
- значні переформування усієї берегової смуги (відбуваються обвали, зсуви).

4.2 Компонування суднопропускних споруд у гідровузлах і на каналах

Розміщення суднопропускних споруд у річковому гідровузлі істотно впливає на його комплектування. Вимоги, яким повинне задовольняти розташування суднопропускних споруд, є наступними:

- підходи до шлюзів з верхнього й нижнього б'єфів повинні бути безпечні і зручні;
- в обох б'єфах повинні бути передбачені акваторії для розміщення судів, що очікують шлюзування;
- ширина підхідних каналів повинна допускати розбіжність трьох суден, за умови, що одне з них буде стояти біля причалу;
- глибина на низовому підході повинна бути не меншою за глибину на порозі шлюзу;
- основний перехід повинен улаштуватися з дотриманням установлених судноплавних габаритів;

– прийняте розташування споруд повинне бути економічно раціональним, тобто обсяг і вартість робіт повинні бути мінімальними.

Судноплавний шлюз разом з підходами до нього повинен розташовуватися на одній прямій довжиною не менше ніж довжина, що розраховується за формулою:

$$L_{\text{ПР.мін}} = l_{\text{ШЛ}} + 2l_{\text{П}}, \quad (18)$$

де $l_{\text{ШЛ}}$ – повна довжина шлюзу;

$l_{\text{П}}$ – довжина прямолінійних ділянок підходів.

У річкових гідровузлах можливі наступні схеми розташування шлюзу відносно до водоскидної греблі (рис.9): шлюз перебуває у руслі й винесений в бік верхнього б'єфа; шлюз перебуває у руслі й винесений в бік нижнього б'єфа; шлюз розташований поза руслом в обхідному каналі; шлюз розташований поза вузлом у дериваційному каналі.

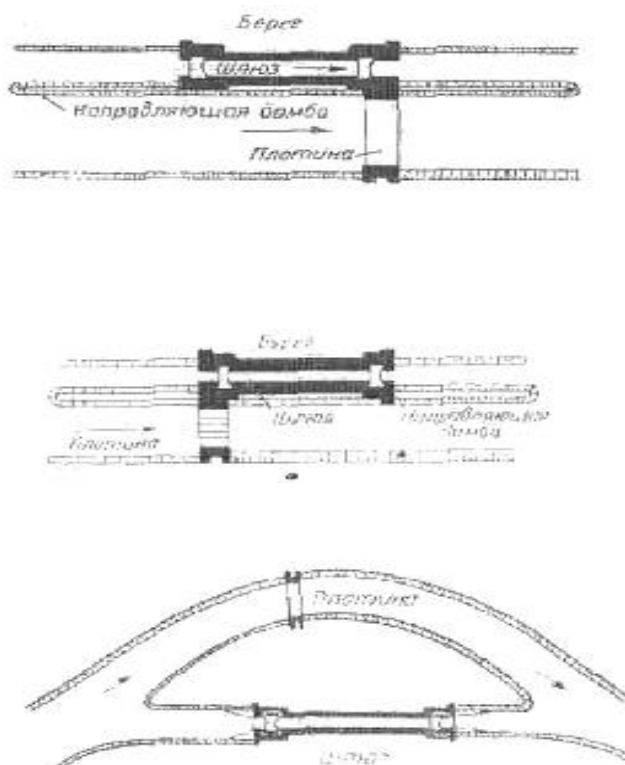
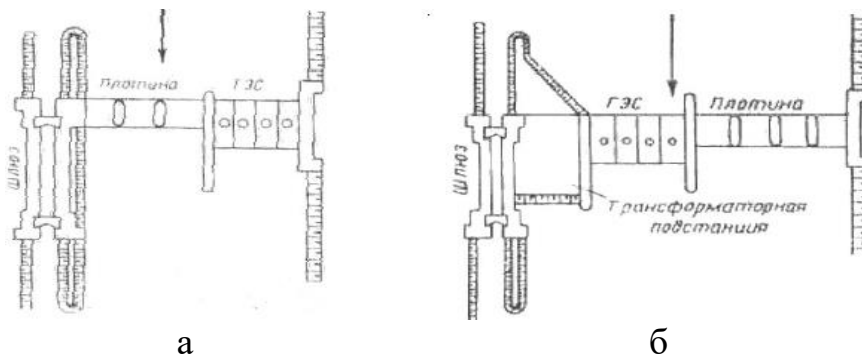


Рисунок 9 – Схеми розташування шлюзу в гідровузлі

Якщо в гідровузлі повинна бути побудована ГЕС, то шлюз і ГЕС краще розміщати з протилежних боків водоскидної греблі (рис.10). Така схема забезпечує умови підходу шлюзу, так як основний потік води рухається через ГЕС, тобто з протилежного берега.



а) на різних берегах; б) на одному березі; 1 – водоскидна гребля;
2 – шлюз; 3 – ГЭС; 4 – розділова площадка

Рисунок 10 – Схеми розташування шлюзу і ГЕС у гідровузлі

Іноді доводиться розташовувати шлюз і ГЕС на одному березі (рис. 10). При цьому бажано між ГЕС і шлюзом мати розділову площадку. Вибір схеми місця розташування шлюзу в гідровузлі визначається рельєфом місцевості й інженерно-геологічними умовами.

4.3 Обхідні й підхідні судноплавні канали

Обхідні судноплавні канали будують для руху судів в обхід великих водоймищ, порогів, які недоступні для судноплавства, або на яких забезпечити його технічно важко або економічно недоцільно.

Обхідні судноплавні канали будують між гирловими ділянками річок, які впадають в моря, щоб уникнути перевалки вантажів з річкових судів на морські й назад. Прикладом таких обхідних каналів можуть служити судноплавні канали в США, розташовані вздовж берегів Атлантичного океану й Мексиканської затоки на ділянках судноплавних рік, що впадають у них, а також Біломорсько-Балтійський канал.

Обхідними судноплавними каналами є й великі енергетично транспортні дериваційні канали. Прикладом є дериваційний канал ГЕС на річці Рона (Франція) довжиною 17 км і витратою води понад 1500 м³/сек.

Підхідні судноплавні канали прокладають від річок і водоймищ до розташованих поза їхніми берегами промислових центрів і міст для доставки водним шляхом вантажів.

Підхідні судноплавні канали можуть бути відкритими й шлюзованими. У якості підхідних каналів для судноплавства використовуються великі магістральні іригаційні канали. Прикладом може служити Каракумський зрошувальний канал довжиною 800 км від річки Амудар'я до міста Ашхабад.

4.4 Міжбасейні воднотранспортні з'єднання

Міжбасейні воднотранспортні з'єднання можуть бути відкритими або шлюзованими.

Відкриті міжбасейні з'єднання будувалися як виключення, наприклад, Суецький канал між Середземним і Червоним морями.

Сучасні міжбасейні воднотранспортні з'єднання – це складні шлюзовані системи, що являють собою великий комплекс гідротехнічних споруд (шлюзів, гребель, дамб, водоскидів, каналів, насосних станцій, ГЕС і т.д.).

Судноплавні глибини й габарити суднопропускних споруд на воднотранспортних з'єднаннях повинні відповідати перспективним умовам ходіння судів у з'єднаних воднотранспортних басейнах.

Контрольні питання

- 1 Описати види штучних водних шляхів.
- 2 Описати існуючі компонування суднопропускних споруд у гідровузлах і на каналах.
- 3 Описати судноплавні канали.
- 4 Описати воднотранспортні з'єднання.

Тема 5 СУДНОПЛАВНІ ШЛЮЗИ

5.1 Типи судноплавних шлюзів і їх основні конструктивні елементи.

5.2 Габаритні розміри шлюзів.

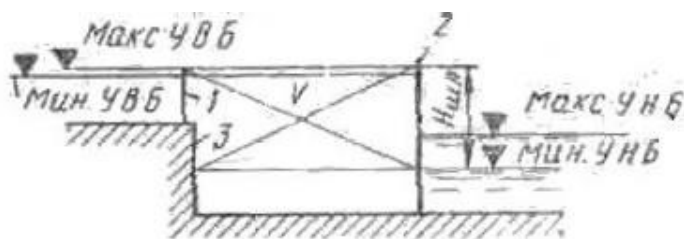
5.3 Пропускна здатність шлюзів і час шлюзування судів.

5.1 Типи судноплавних шлюзів і їх основні конструктивні елементи

Для переходу суден з одного б'єфа шлюзованої річки або судноплавного каналу в іншій улаштовуються спеціальні споруди – камерні шлюзи або суднопідйомники.

Судна переводять через шлюзи з верхнього б'єфа в нижній і назад за допомогою камер, рівні води в яких вирівнюють за відповідною послідовністю з рівнями верхнього й нижнього б'єфів (рис. 11).

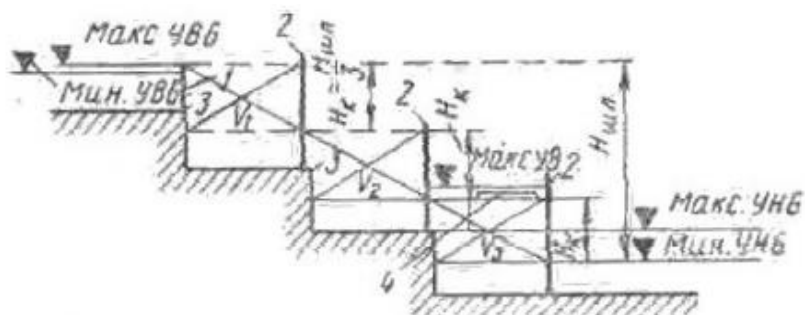
Загальна схема судноплавного шлюзу залежить у першу чергу від числа камер у ньому і їхнього взаємного розташування. Судноплавні шлюзи за числом камер можуть бути: однокамерні, двокамерні, трикамерні і т.д. (рис.12). За наявності в шлюзі декількох камер послідовного шлюзування його називають багатокамерним або багатоступінчастим.



1 – верхні ворота; 2 – нижні ворота; 3 – стінка падіння; 4 – камера шлюзу;
 $H_{ш}$ – напір на шлюз; V – зливна призма

Рисунок 11 – Схема однокамерного шлюзу

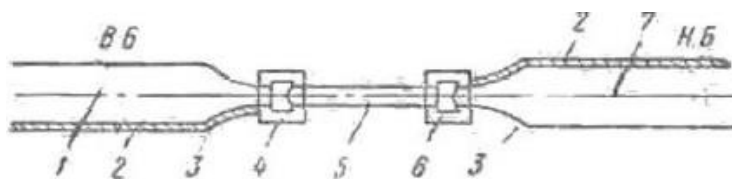
За числом камер паралельного (одночасного) шлюзування суден через кожен з них шлюзи можуть бути однитковими, двонитковими (або парними) і т.д.



1 – ворота; 2 – стінка падіння; 3 – камера шлюзу; $H_{ш}$ – напір на шлюз;
 $H_{к}$ – напір на камеру

Рисунок 12 – Схема багатокамерного шлюзу

Основними конструктивними елементами судноплавних шлюзів є камери, голови, підходи, водопровідні пристрої й ворота (рис. 13).



1 – верхній підхідний канал; 2 – нижній підхідний канал; 3 – камера шлюзу;
4 – причальні лінії; 5 – напрямні підлоги; 4 – верхня голова; 7 – нижня голова;
8 – ворота

Рисунок 13 – Схема шлюзу з підхідними каналами

Призначення основних елементів судноплавних шлюзів:

- у камері розміщуються судна в момент шлюзування;
- верхня й нижня голови шлюзу служать для поєднання камери з верхнім і нижнім б'єфами; вони є напірними спорудами, що дозволяють підтримувати в камерах рівні води;
- ворота, які розташовані в головах, необхідні для пропуску суден в камеру або з неї з вирівняними б'єфами;
- водопровідні пристрої – галереї або отвори з відповідними затворами, що поєднують камеру з верхнім і нижнім б'єфами й призначені для наповнювання або спорожнювання камери;
- пали й дамби влаштовують для плавного поєднання голів шлюзу з підхідними каналами у верхньому й нижньому б'єфах.

Перехід суден з верхнього б'єфа в нижній відбувається наступним чином: попередньо при обох зачинених воротах горизонт води в камері вирівнюється з горизонтом верхнього б'єфа; для цього нижні водопровідні галереї, що сполучають камеру з нижнім б'єфом, повинні бути зачинені, а верхні, що сполучають камеру з верхнім б'єфом, – відчинені; після цього верхні ворота відчиняються, і судна входять у камеру.

Потім зачиняються верхні ворота, зачиняються також затвори верхніх водопровідних галерей і відчиняються затвори нижніх водопровідних галерей. Вода з камери витікає в нижній б'єф доти, доки горизонт у камері не зрівняється з нижнім б'єфом.

Одночасно зі зниженням рівня води в камері опускаються судна, які у ній перебувають. Після вирівнювання горизонту води в камері з горизонтом води в нижньому б'єфі можуть бути відчинені нижні ворота, і судна виводяться з камери в нижній б'єф. Потім нижні ворота зачиняються й весь цикл може бути повторений.

Подібним способом відбувається й перехід суден з нижнього б'єфа в верхній.

Увесь процес переходу за допомогою шлюзу судна з одного б'єфа в інший називається шлюзуванням судна.

5.2 Габаритні розміри шлюзів

Основними габаритними розмірами шлюзу є: корисна довжина, ширина камери й глибина на королях. Дані розміри приймаються залежно від розмірів розрахункових составів або суден. На кожному шлюзі границя корисної довжини камери l_K обов'язково вказується в натурі розпізнавальними червоними знаками (смугами, вогнями). У загальному вигляді величина l_K може бути визначена за наступною формулою:

$$l_K = l_{CT} + 2\Delta l, \quad (19)$$

де l_{CT} – довжина составу або судна;

Δl – запас по довжині камери з кожного боку,

$$\Delta l = 1 + 0,015l_{CT}. \quad (20)$$

Корисна ширина камери визначається за найменшою відстанню між найбільш виступаючими частинами камери або голів шлюзу. Звичайно її приймають такою:

$$B_K = B_{CT} + 2\Delta B, \quad (21)$$

де B_{CT} – максимальна ширина составу судна;

ΔB – запас за шириною камери з кожного боку суден, що шлюзуються, або составів; приймається таким, що дорівнює (0,8 ÷ 2,0) м.

Корисна глибина в камері шлюзу, визначається за найменшою глибиною на виступаючих частинах днища шлюзу (королях) за найбільш потрібним судноплавним рівнем води в нижньому б'єфі. Звичайно, вона приймається такою:

$$S_K = h_K + (1,2 \div 1,4)S_C, \quad (22)$$

де S_C – осадка найбільшого розрахункового судна з повним вантажем.

Усі розміри шлюзу погоджуємо зі стандартними згідно класу капітальності водних шляхів (див. таблицю 2).

5.3 Пропускна здатність шлюзів і час шлюзування суден

Експлуатаційна робота шлюзу полягає в пропуску судів через нього з одного б'єфа в інший. Пропуск суден через шлюз складається з ряду операцій.

У випадку одностороннього руху караванів з нижнього б'єфа в верхній через однокамерний шлюз виконуються наступні операції:

1 – уведення судна в шлюз із нижнього б'єфа – $t_{ев}$;

2 – закривання воріт нижньої голови – $t_{зн}$;

- 3 – наповнення камери шлюзу – t_{nan} ;
- 4 – відкриття воріт верхньої голови – t_{ov} ;
- 5 – вивід судна зі шлюзу в верхній б'єф – t_{od} ;
- 6 – закривання воріт верхньої голови – t_{zv} ;
- 7 – спорожнювання камери – t_{on} ;
- 8 – відкриття воріт нижньої голови – t_{on} ;

$$t_{od} = \sum t_i = t_{ov} + t_{zv} + t_{nan} + t_{ov} + t_{od} + t_{zv} + t_{on} + t_{on}. \quad (23)$$

Таблиця 2 – Стандартні розміри камер судноплавних шлюзів

Відношення корисної ширини камери шлюзу (м) до корисної довжини (м)	Глибина на порогах шлюзу (м)	Відношення корисної ширини камери шлюзу (м) до корисної довжини (м)	Глибина на порогах шлюзу (м)
37/400	6,0; 5,5; 5,0	15/150	4,0; 3,5; 3,0
37/300	6,0; 5,5; 5,0	15/100	3,0; 2,5; 2,0
30/300	6,0; 5,5; 5,0	12/100	3,0; 2,5; 2,0; 1,5
20/300	5,5; 5,0; 4,5;	8/50	3,0; 2,5; 2,0; 1,5
20/15	5,5; 5,0; 4,5	6/35	1,5; 1,0; 2,0;
18/150	5,5; 5,0; 4,5		

У випадку двобічного руху суден, після проведення перших п'яти операцій за наведеною вище послідовністю виконуються ще й наступні:

- 6,а – відвід каравану – t_{vid} ;
- 7,а – підхід до шлюзу каравану, що очікує – t_{nid} ;
- 8,а – уведення суден в шлюз із боку верхнього б'єфа – t_{ov} ;
- 9 – закривання воріт верхньої голови – t_{zv} ;
- 10 – спорожнювання камери – t_o ;
- 11 – відкриття воріт нижньої голови – t_{on} ;
- 12 – вивід каравану з камери в нижній б'єф – t_{od} ;
- 13 – відвід каравану – t_{om} ;
- 14 – підхід до шлюзу каравану, що очікує – t_{nid} .

На чотирнадцятій операції закінчується цикл двостороннього пропуску двох караванів через шлюз. При цьому повний час складе:

$$T_{дв} = 0,5 \sum t_i ; \quad (24)$$

Розрахункове добове число шлюзувань через односторонній однокамерний шлюз складатиме:

$$n = \frac{2 \cdot 1410}{(t_{\text{од}} + t_{\text{дв}})}, \quad (25)$$

де $t_{\text{од}}$ і $t_{\text{дв}}$ – підставляється у хвиликах.

Число караванів, яке може бути пропущено через шлюз протягом навігації, називається технічною суднопропускною здатністю шлюзу, яка визначається наступним чином:

$$N_T = nT, \quad (26)$$

де T – тривалість навігації в добах.

Дійсна або експлуатаційна суднопропускна здатність шлюзу складає:

$$N_e = n_{\text{сп}} T = \left(\frac{\eta}{\varphi} \right) T, \quad (27)$$

де φ – коефіцієнт нерівномірності руху караванів, що шлюзуються, дорівнює в межах $\varphi = 1,2 \div 1,8$.

При цьому дійсна вантажопідйомна здатність шлюзу за навігацію в обох напрямках складає:

$$P_e = \left(\frac{\delta \alpha}{\varphi} \right) n \cdot p_p \cdot T, \quad (28)$$

де δ – коефіцієнт використання вантажопідйомності судів, що дорівнює $0,6 \div 0,8$;

α – коефіцієнт використання суднопропускної здатності шлюзу для вантажних перевезень, що дорівнює $0,6 \div 0,7$;

p_p – сумарна вантажопідйомність судів найбільшого розрахункового каравану.

Контрольні питання

1. Описати основні типи судноплавних шлюзів.
2. Описати основні конструктивні елементи судноплавних шлюзів.
3. Описати методику визначення габаритних розмірів шлюзів.
4. Описати методику визначення пропускної здатності шлюзів.
5. Описати методику визначення часу шлюзування суден.

Тема 6 ВОДОПРОВІДНІ ПРИСТРОЇ ШЛЮЗІВ

6.1 Загальні положення.

6.2 Типи водопровідних пристроїв.

6.3 Гідравлічний розрахунок водопровідних галерей.

6.4 Умови відстою в камері.

6.1 Загальні положення

Для наповнення й спорожнювання камери шлюзу використовують водопровідні пристрої. Під системою живлення судноплавного шлюзу розуміється сукупність всіх водопровідних пристроїв.

Система живлення шлюзу повинна задовольняти наступним експлуатаційним і гідравлічним вимогам:

– час наповнення й спорожнювання камери повинен відповідати заданій пропускній здатності шлюзу;

– наповнення й спорожнювання камери повинне проходити в нормальних умовах відстою суден і составів у камері, а також відстою й маневрування їх в підходах;

– вплив потоку на елементи шлюзу в процесі багаторазового наповнення й спорожнювання камери в умовах тривалої експлуатації не повинен викликати ушкоджень.

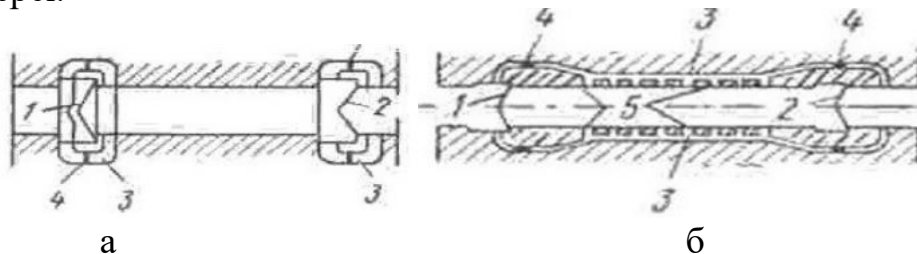
6.2 Типи водопровідних пристроїв

Розподіл подачі й забору води за довжиною й шириною камери, а також способи гасіння енергії в основному й визначають системи наповнення й спорожнювання камери шлюзу.

Розрізняють дві системи живлення (рис. 14):

- 1) зосереджену або головну;
- 2) розподільну.

Зосереджена система живлення – це коли вода подається в камеру шлюзу й випускається з неї по всій її довжині через розташовані в днищі або стінах камери галереї.



а – зосереджена; б – розподільна; 1 – верхні ворота; 2 – нижні ворота; 3 – водопровідна галерея; 4 – затвор; 5 – випуски

Рисунок 14 – Схеми живлення шлюзу

Застосування головної системи живлення рекомендується у випадках:

- якщо $H_k / l_k \leq 2000$, а $H_k / S_k \leq 3$;
- на нескельних основах і напорах $H_k \leq 12-13$ м.

Розподільні системи живлення приймають головним чином:

- при нескельних основах з напором $H_k > 15$ м;
- при скельних основах – на шлюзах будь-якого напору.

Форма поперечного перерізу водопровідних галерей найчастіше буває круглою або прямокутною.

Верх вхідного отвору галереї повинен бути занурений під рівень найнижчого горизонту води біля входу в галерею не менше, ніж на $(0,5 \div 0,7)$ м, для уникнення можливості засмоктування в неї повітря.

Перевагою зосередженої системи живлення судноплавних шлюзів є малі обсяги будівельних робіт порівняно з розподільною системою живлення, а також те, що гасіння енергії потоку води, що надходить у камеру, досягається шляхом зустрічного удару струменів, що виходять із протилежних отворів.

Перевагою ж розподільної системи живлення судноплавних шлюзів є рівномірна подача й забір води по довжині камери.

Це створює найбільш сприятливі умови відстою суден під час шлюзування й одночасно дозволяє значно скоротити час наповнення й спорожнювання камер порівняно з головними системами живлення.

6.3 Гідравлічний розрахунок водопровідних галерей

Метою гідравлічного розрахунку системи живлення судноплавних шлюзів є встановлення загальних розмірів основних елементів цієї системи, за яких за даний час забезпечується наповнення й спорожнювання камер з дотриманням усіх пропонованих до системи експлуатаційних і технічних вимог.

Під час наповнення й спорожнювання камер виникає пов'язаний між собою несталий рух води в підхідному каналі й в б'єфі або в водопровідній системі й камері шлюзу. Але зміна за часом рівнів води у підходах до шлюзу y_1 і вздовж його камери y_2 завжди є малою порівняно з напором $H_t = y_1 - y_2$, що визначає рух води в водопровідній системі. Тому їх можна приймати постійними (рис.15).

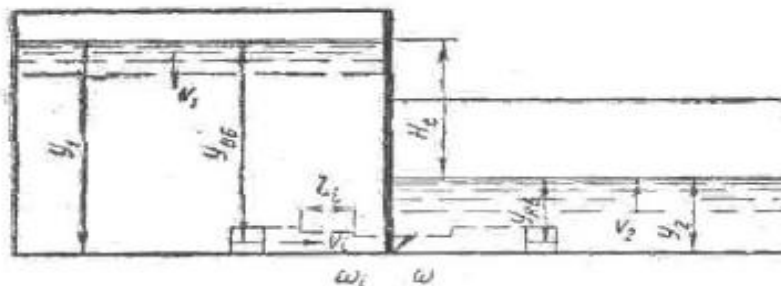


Рисунок 15 – Розрахункова схема шлюзових водопровідних галерей

Загальне рівняння одновимірного несталої руху води в водопровідній системі між підхідним каналом і камерою шлюзу має вигляд:

$$y_1 + \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) = y_2 + \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) + \left(\frac{1}{\mu_t^2} \right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \left(\frac{1}{g} \right) \cdot \sum l_i \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} \right). \quad (29)$$

Якщо прийняти рівні води в підхідному каналі й камері горизонтальними і знехтувати завжди досить малими швидкостями зміни v_1 і v_2 , то рівняння набуває вигляду:

$$H_t = \left(\frac{1}{\mu_t^2} \right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \left(\frac{1}{g} \right) \cdot \sum l_i \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} \right), \quad (30)$$

де v і v_i – швидкість у розрахунковому й i -му перетині водопровідних галерей площею відповідно ω і ω_i ;

μ_t – коефіцієнт витрати системи в момент часу t .

Із формули (30) випливає, що без урахування інерційної сили, в камеру шлюзу за проміжок часу dt повинен надходити об'єм води, що дорівнює:

$$Q_t \partial t = \mu_t \omega \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H_t}, \quad (31)$$

який дорівнює збільшенню обсягу води в камері $\Omega_y \partial H_y$.

Площа камери постійна за висотою й дорівнює:

$$\Omega = \frac{V_k}{H_H}, \quad (32)$$

де V_k – обсяг зливної призми;

H_H – початковий напір на голову шлюзу.

Тоді рівняння (30) набуває наступного вигляду:

$$\left[\frac{\Omega}{\omega \sqrt{2g}} \right] \cdot \frac{\partial H}{\sqrt{H_t}} = \mu_t \partial t. \quad (33)$$

Коефіцієнти витрати розподільних систем живлення становлять в межах $\mu_{cp} = 0,5 \div 0,6$, а для головних систем живлення коефіцієнт витрати дорівнює $\mu_{cc} = 0,7 \div 0,8$.

При рівномірному відкриванні затворів повний час наповнення або спорожнювання однокамерного шлюзу складатиме:

$$T = \frac{[\Omega\sqrt{H_H}]}{[\mu\omega\sqrt{2g}(2-k_3)]}. \quad (34)$$

Звідки площу водопровідних отворів, необхідна для наповнення або спорожнювання камер протягом часу T , можна розрахувати за формулою:

$$\omega = \frac{[4\Omega\sqrt{H_H}]}{[\mu\sqrt{2g} \cdot T(2-k_3)]}. \quad (35)$$

де k_3 – відносний час відкривання затворів; $k_3 = \frac{t_3}{T_{\text{нап}}}$;

t_3 – час відкривання затвора під час наповнення камер;

$T_{\text{нап}}$ – час наповнення камери.

Для умов наповнення камер через головні системи живлення приймають $K_{3Г} = 0,7 \div 0,8$, а через розподільні системи – $K_{3Р} = 0,4 \div 0,5$. Під час спорожнювання камери в підхідні канали рекомендується приймати $K_{3оп} = 0,6$.

Найбільша витрата води, що надходить у камеру шлюзу, досягає наступних значень:

– під час відкривання затворів за час $t_3 \leq 0,5T$ на момент повного відкриття:

$$Q_{\text{max}} = \frac{[8\Omega H_H (1-k_3)]}{T(2-k_3)}; \quad (36)$$

– під час відкривання затворів за час $t_3 \geq 0,5T$ на момент повного відкриття:

$$Q_{\text{max}} = \frac{[\frac{8}{3\sqrt{3}}] \cdot [\Omega H_H]}{T\sqrt{(2-k_3)k_3}}; \quad (37)$$

– у момент часу $t_m = \frac{T}{\sqrt{3}} \sqrt{k_3(2-k_3)}$ при $H_t = \frac{4}{g} H_H$.

6.4 Умови відстою в камері

Час наповнення камери обирається, звичайно, з таким розрахунком, щоб

середня швидкість H/T підняття або опускання рівня в камері, а з ним і суден, що перебувають в камері, не перевищувала 2–4 см/сек. Ця швидкість може бути перевищена, якщо застосовувати найбільш раціональні способи наповнення шлюзу. Спостереження в натурі показують, що на умови відстою впливає не стільки швидкість наповнення камери, скільки сама система наповнення, а також час відкриття затвору.

Розрізняють три сили, що діють на судно під час наповнення камери:

– штовхаючу силу, обумовлену тиском потоку, що виходить із галереї на носову частину судна й прагнучу присунути судно в бік нижньої голови;

– підсмоктувальну силу, викликану місцевим зниженням рівня біля входу з галерей і подібну до підсмоктування, викликуваного ежектором – дана сила спрямована в бік верхньої голови;

– хвильову силу, викликувану утворенням у камері довгих хвиль – дана сила рухає судно то в бік нижньої, то в бік верхньої голови.

Досвід показує, що ті ж самі процеси відбуваються й під час спорожнювання камери, однак, вони мають значно менший вплив на судно. Уповільнене відкриття затворів трохи пом'якшує хвильові явища під час головного наповнення камери. Найбільше поздовжнє зусилля, що діє на состав судів у камері під час її наповнення, визначається за формулою:

$$P_{\max} = \frac{(4\Omega H_{III} W \eta)}{\left[a_3 (2 - a_3) (\omega_k - \omega_c) g t_{III}^2 \right]}, \quad (38)$$

де Ω – площа дзеркала камери шлюзу;

H_{III} – діючий напір на шлюз;

W – збурювання судна або жорстко зчленованого составу;

η – коефіцієнт, що враховує вплив поздовжніх швидкостей руху потоку й змінювання збільшення витрат потоку в часі, $\eta = 0,4$;

a_3 – коефіцієнт повного відкриття затворів галерей;

ω_k – площа камери шлюзу на королі, що дорівнює $(b_k \cdot h_k) = \omega_k$;

ω_c – площа зануреної частини вантажного составу за міделем.

Контрольні питання

- 1 Описати типи водопровідних пристроїв.
- 2 Описати гідравлічний розрахунок водопровідних галерей.
- 3 Описати сили, що діють на судно під час наповнення камери.
- 4 Описати умови відстою судна в камері.
- 5 Описати вимоги, пропоновані до системи живлення судноплавних шлюзів.
- 6 Описати розрахункову схему шлюзних водопровідних галерей.

Тема 7 СТІНИ Й ДНИЩА ШЛЮЗОВИХ КАМЕР І ГОЛІВ

7.1 Типи й конструкції стін і днищ шлюзових камер.

7.2 Типи й конструкції шлюзових голів.

7.1 Типи й конструкції стін і днищ шлюзових камер

Основні конструктивні частини шлюзів можна розділити на нерухомі й рухомі елементи. До нерухомих конструктивних елементів відносяться стіни й днища камер, а також стіни й днища шлюзових голів. До рухомих конструктивних елементів відносяться шлюзові ворота й затвори в галереях.

Типи й конструкції стін і днищ шлюзових камер залежать від геологічних і геотехнічних характеристик основ – міцності, деформативності, водопроникності, опору зсуву й розмиву порід, із яких вони складені. Стіни шлюзу можуть бути конструктивно об'єднані з днищем в одне ціле, працюючи з ним спільно. Це називається нерозрізною або доковою конструкцією. У той самий час стіни шлюзу можуть бути відділеними від днища наскрізними швами і працювати незалежно від нього. Така конструкція буде називатися розрізною.

Розрізні бокові стіни шлюзу на нескельних ґрунтах можуть бути наступних типів: гравітаційні, контрфорсні й бетонні на високому пальовому ростверку (рис. 16).

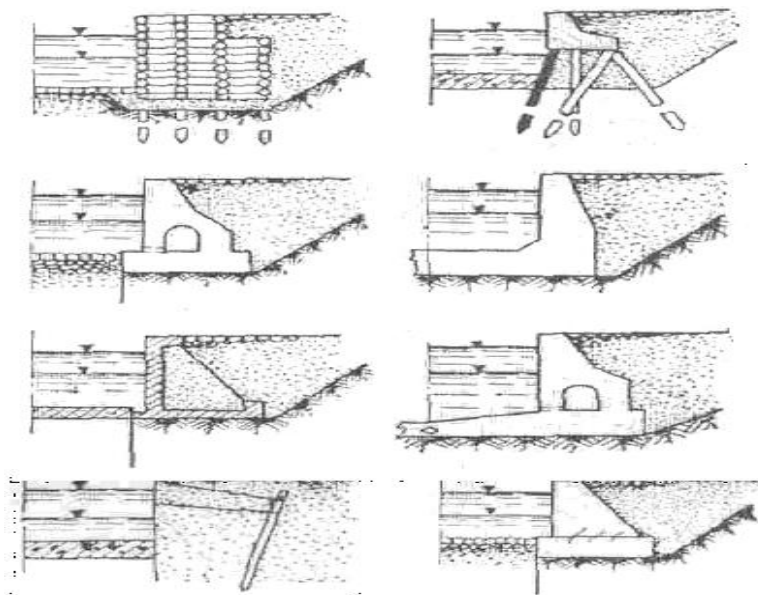


Рисунок 16 – Типи камерних стін шлюзів

По типу днищ застосовують два основних види камер:

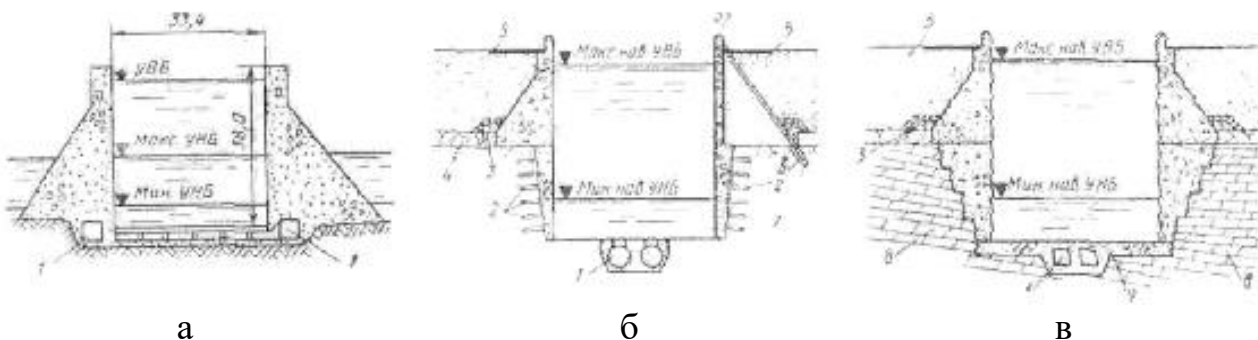
- 1) із суцільними практично водонепроникними залізобетонними днищами, жорстко пов'язаними зі стінами камер;
- 2) із водопроникними днищами.

Камери шлюзу з водонепроникним днищем являють собою короб, який знизу й збоку обтікає фільтраційний потік. Під спорудою розглядається напірна

фільтрація, а в обхід споруди безнапірний рух фільтраційної води. Для полегшення роботи конструкції й зниження рівня ґрунтових вод за стінами шлюзу влаштовують відкритий або закритий дренаж. Дренаж влаштовують із поздовжнім ухилом $i = 0,002 \div 0,005$ в бік нижнього б'єфа.

Для обмеження контактної фільтрації уздовж тилкових граней верхньої голови шлюзу влаштовують бетонні діафрагми або шпунт. Шпунт також влаштовують і під спорудою для подовження шляху фільтрації. Ширина залізобетонних стін камери по низу приймається рівною $(0,18 \div 0,2)$ Нсм. Товщину водонепроникного днища приймають за $(1/5 \div 1/6)$ Нсм, але не менше $(1/8 \div 1/10)$ Вк. Якщо в днищах камер розміщено водопровідні галереї, то днища виконуються у вигляді рамної конструкції, для якої потрібен менший обсяг залізобетону.

На скельних ґрунтах камери вирубуються в них, поверхню скелі, звичайно, покривають бетонним облицюванням (рис. 17).



- а) з бетонними стінами й водопровідними галереями в них; б) частково врублені в скелю гарної якості, з тонким облицюванням і бетонними стінами над нею; в) частково врублені в сильно тріщинувату скелю з товстим облицюванням і бетонними стінами;

1 – водопровідна галерея; 2 – анкери; 3 – дренаж; 4 – шар скельного ґрунту, що вивітрився; 5 – піщана засипка; 6 – заанкерована арматура; 7 – слабо тріщинуваті породи; 8 – сильно тріщинуватий вапняк; 9 – днищева плита

Рисунок 17 – Камери шлюзів на скельній основі

При водопроникних днищах камер фільтрація носить несталый характер в період роботи шлюзу, а в період осушення камери для ремонту – фільтрація набуває сталого характеру.

Кожна голова шлюзу при водопроникному днищі камери є в фільтраційному відношенні самостійною напірною спорудою, тому кожна з них повинна мати самостійний підземний контур, до якого входять понур і шпунт (рис. 17). Фільтрація води, що відбувається при водопроникних днищах під стінами камер в обох напрямках, викликає необхідність забивання шпунта й уздовж стін, а також укладання зворотного фільтра під дном камери.

Глибина забивки шпунтів може приблизно визначатися за формулою:

$$d_{III} = \left\{ \frac{k_3 H_\phi}{2[\gamma_{ГР.ВЗВ.} - (1 - \varepsilon_{ГР.})]} \right\} - \frac{t_{II}}{2}, \quad (39)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, який приймається рівним 2,0;

H_ϕ – діючий напір, який дорівнює різниці відміток розрахункового рівня води і низу дренажу;

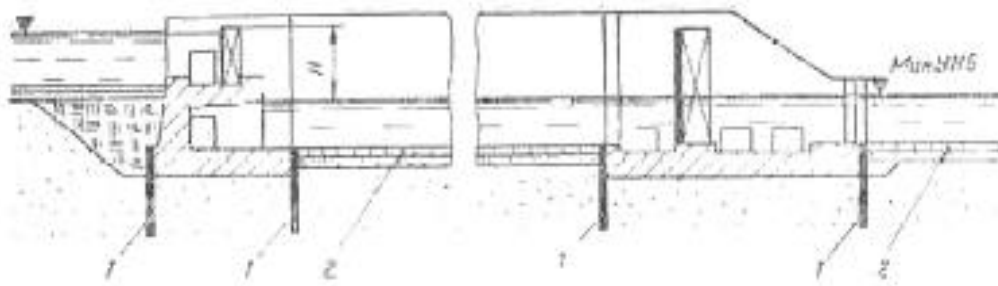
$\gamma_{ГР.ВЗВ.}$ – об’ємна вага зваженого ґрунту;

$\varepsilon_{ГР.}$ – відносна пористість ґрунту;

t_{II} – заглиблення підшви фундаментної плити стіни нижче за дно камери.

Камери шлюзів з окремо стоячими стінами й водопроникними днищами застосовують при щільних глинистих ґрунтах в основах і при напорах (8–100) м.

Найбільш досконалыми і надійними є камери шлюзів з суцільними водонепроникними залізобетонними днищами, які застосовуються на нескельних ґрунтах при різних напорах.



1 – шпунт; 2 – понур; 3,4 – відповідно верхня й нижня голови шлюзу;
5 – камера; 6 – дно камери з з/б плит; 7 – підставка по типу зворотного фільтра
Рисунок 18 – Поздовжній розріз шлюзу з водопроникним днищем

Конструкції камер шлюзів на скельних основах залежать від характеру складових порід. На напівскельних й слабоскельних породах камери шлюзів виконують так само, як і на нескельних основах – залізобетонними із суцільними або розрізними днищами.

Якщо показники міцності скельних порід досить високі, то стіни й днища камер виконують у вигляді бетонних облицювань скельної виїмки, з зануренням анкерами в скелю. Облицювання може мати невелику товщину – (0,5 ÷ 1,0) м, здатну сприймати фільтраційний тиск води за стінами камери.

Стіни й днища камер всіх типів, виконані з армованого бетону або залізобетону, повинні бути розрізані по довжині камери температурними і осадочними швами. Відстань між конструктивними швами приймають рівною

(20÷30) м. На судноплавних шлюзах застосовують температурно-осадочні шви такої ж самої конструкції, що й на інших гідротехнічних спорудах.

7.2 Типи й конструкції шлюзових голів

Конструкція голів шлюзів залежить від системи водопровідних пристроїв, типів основних воріт ремонтно-аварійних загороджень та характеристик ґрунтів основ, і являє собою короб, що складається з бокових стін і флютбету.

Розрізняють наступні типи верхніх голів судноплавних шлюзів:

– голови без водопровідних пристроїв, компоновка яких визначається в основному за типом верхніх воріт;

– голови з безгалерейним наповненням камери – з-під воріт або через них, компонування яких визначається за типом цих воріт і конструкцією гасильних пристроїв;

– голови з наповненням через стінку падіння й через водопровідні галереї, компонування їх також залежить від типів воріт і схеми галерей;

– голови з наповненням через стінку падіння й через горизонтальні або похилі водопровідні галереї в устоях (компоновання також залежить від типу воріт і схеми галерей);

– голови з такими ж самими галереями, але з виводом їх в поздовжні бокові або донні галереї камер.

Можливі компоновання нижніх голів менш різноманітні, ніж верхніх, так як розміщення в них водопровідних пристроїв і воріт обмежене розташуванням верху їхнього днища заданої відмітки.

На нижніх головах застосовують тільки двостулкові ворота, тому існує два їх типових компоновання:

1) безгалерейне – при боковому випуску води з камер і при випуску води з камери через клінкети у воротах;

2) із круговими обхідними або поздовжніми галереями в устоях.

Для орієнтовних розрахунків основні розміри голів шлюзу з двостулковими воротами можна визначити за наступними залежностями (рис.19):

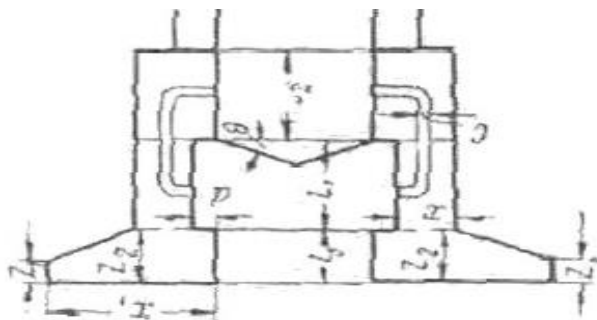


Рисунок 19 – Схема голови із двостулковими воротами

– визначення стріли створу воріт:

$$f = \frac{B_k}{2} \operatorname{tg} \theta, \quad (40)$$

де $\theta = 20^\circ \div 22^\circ$ – кут нахилу корольової лінії до поперечної площини;

– довжина стулки воріт від осі обертання, що знаходиться посередині глибини шафової ніші, до створу, яка складатиме:

$$l_{BOP} = \frac{b_k + d}{2 \cos \theta}, \quad (41)$$

де d – глибина шафової ніші;

– довжина шафової ніші, що визначається залежно від довжини стулки воріт і складатиме:

$$l_1 = (1,05 \div 1,1) l_{BOP}; \quad (42)$$

– глибина шафової ніші, що залежить від товщини воріт, які визначають за висотою розрахункового ригеля:

$$t_{РИГ} = (0,11 \div 0,14) l_{BOP}, \quad (43)$$

$$d = t_{РИГ} + (0,3 \div 0,35) \text{ м}; \quad (44)$$

– висота порога над шафовою підлогою, яка приймається від $(0,5 \div 1,0)$ м.

– довжина вхідної частини складає $l_0 = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}\right) H_{Ш}$;

– довжина упорної $l_2 \approx H_{СТ}$, де $H_{СТ}$ – висота стіни;

– товщина шафової стінки $x = 3e_r$, де e_r – ширина водопровідної галереї;

– довжина крила $x_1 = m \cdot H_{СТ} + 1$, де m – коефіцієнт закладення укусу;

– товщина крила на його кінці $Z1 = (1,5 \div 2,0)$ м, а в місці сполучення зі стінкою $Z2 = 0,5 \text{ мсм}$.

Контрольні питання

- 1 Описати типи й конструкції стін судноплавних шлюзів.
- 2 Описати типи й конструкції днищ судноплавних шлюзів.
- 3 Проаналізувати параметри, від яких залежить конструкція камер шлюзів.
- 4 Описати типи й конструкції шлюзних голів.
- 5 Описати схему шлюзної голови.

Тема 8 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛІВ СУДНОПЛАВНИХ ШЛЮЗІВ

8.1 Розрахунок упорних голів.

8.2 Розрахунок стін голів шлюзів на нескельних основах.

8.1 Розрахунок упорних голів

Прийнята конструкція голови судноплавного шлюзу розділяється на складові частини:

– вхідну, яка переходить в відкритки, що сполучають шлюз із підвідним каналом;

– шафову частину, що містить ніші, в яких містяться стулки відкритих воріт;

– упорну частину, відділену від шафової частини королем (порогом), до якого притискається нижнє ущільнення воріт (на неї передається тиск від воріт).

Стіни бокові (відкритки) і шафові працюють як звичайні підпірні стіни, і схема їхнього розрахунку аналогічна схемі розрахунку камерних стін.

Під час розрахунку упорних голів, вводиться ряд умовних припущень, що йдуть у запас міцності. Вважають, що упорний масив відділений швом від шафової частини й від стін камери на верхній голові, або від відкритків на нижній голові.

Розглядають два випадки завантаження:

– ворота закриті й зазнають стиску води, що перебуває на відмітці верхнього б'єфа (випадок спорожненої камери для верхньої голови й наповненої для нижньої голови), засипання ж і вода за стінами відсутні – період ремонту;

– на стіни передається повний тиск ґрунту й ґрунтової води, із зовнішньої сторони ворота закриті, але напору води на них немає, на стіни від воріт передається лише момент від власної їхньої ваги.

Схема першого завантаження зображена на рис.20.

При довжині стулки воріт $l_0 = \frac{b+d}{2\cos\theta}$ у позначеннях, зазначених на кресленні, тиск води на стулку буде складати:

$$P = \frac{qg}{4\cos\theta} H(H + 2h)(b + d). \quad (45)$$

Так як двостулкові розпірні ворота являють собою симетрично навантажену тришарнірну конструкцію, то рівнодіюча тиску, який передається на стіну, буде складати кут $90^\circ - 2\theta$ з лицьовою гранню стіни. Звідки $R = \frac{P}{2\sin\theta}$.

Розклавши дану силу на дві складові, будемо мати V_1 – паралельну осі шлюзу й S_1 – їй перпендикулярну (нормальну):

$$V_1 = R \sin 2\theta = P \cos \theta ; \quad (46)$$

$$S_1 = R \cos 2\theta = P \operatorname{ctg} 2\theta \cos \theta . \quad (47)$$

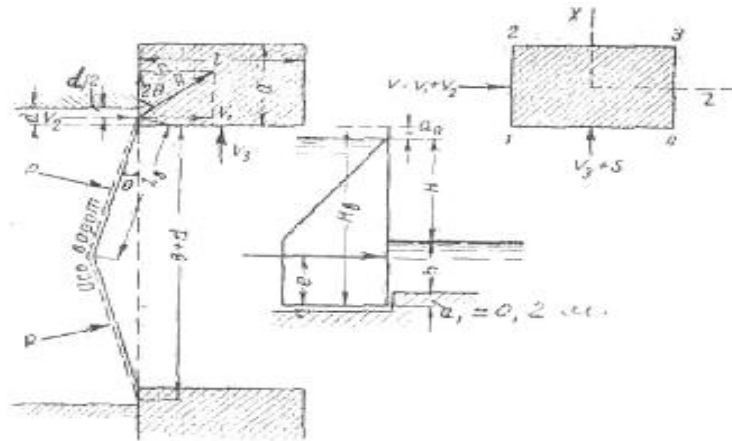


Рисунок 20 – Схема сил для розрахунку упорних стін

Крім тиску воріт на упорний масив, тиск води буде передаватися на частину шафового уступу, не прикритого воротами. Приймаємо ширину цієї смужки $\frac{d}{2}$ і, позначаючи тиск на неї V_2 , одержуємо:

$$V_2 = \frac{\gamma_0 \cdot dH}{4} (H + 2b). \quad (48)$$

Бічний тиск води на упорну частину в нижньому б'єфі складає:

$$V_3 = \frac{\gamma_0 \cdot h^2}{2} l_3. \quad (49)$$

Перенесемо сили V_1 , S_1 і V_2 у площині головних осей інерції масиву упорної стіни OXY й XYZ , замінивши їх крутну дію крутним моментом, приблизно рівним:

$$M_y = S_1 \frac{l_2}{2} - (V_1 + V_2) \frac{a}{2}, \quad (50)$$

де a – товщина упорної стіни. Цей момент буде діяти в площині XOZ .

Як бачимо, упорні стіни будуть працювати в умовах складного опору: стиск вертикальними силами від власної ваги; згинання у двох головних площинах інерції щодо осей X і Z і крутіння навколо осі Y .

Звичайно, впливом крутного моменту M_y , що врівноважується моментом сил тертя, які прикладені по підшві упорної стіни, нехтують і враховують лише згинання у двох площинах і стиск поздовжніми силами. Точні дослідження з методів теорії пружності показують, що крутний момент сприяє більш рівномірному розподілу напружень по підшві упорної стіни й трохи знижує значення нормальних напружень.

Момент сил V_1 і V_2 відносно осі X буде складати:

$$\sum M_x = (V_1 + V_2)e_1, \quad (51)$$

де e – плече сили щодо площини дна камери:

$$e = \frac{H^2 + 3Hh + 3h^2}{3H + 6h}. \quad (52)$$

Момент сил S_1 і V_3 щодо осі Z :

$$\sum M_z = S_1 \cdot e_1 + V_3 \cdot e_2, \quad (53)$$

де $e = \frac{h}{3}$.

Увесь розрахунок ведеться в припущенні відсутності стінки падіння. Напруження в основі упорних стін в площині дна камери:

$$\sigma = \frac{\sum N}{F} + \frac{\sum M_x}{W_x} + \frac{\sum M_z}{W_z}, \quad (54)$$

де $\sum N$ – сума вертикальних сил (вага масиву стіни);

$$F = al_2; \quad W_x = \frac{l_2^2 a}{6}; \quad W_z = \frac{l_2 a^2}{6}. \quad (55)$$

У тому випадку, якщо масив не армований, необхідно, щоб $\sigma_{\max} < [\sigma]$ і $\sigma_{\min} > 0$. Вирішальною, звичайно, є друга умова, яка вимагає, щоб

$$\frac{\sum M_x}{W_x} + \frac{\sum M_z}{W_z} < \frac{\sum N}{F}. \quad (56)$$

Дотичні напруження ν по підшві упорної стіни можна визначити за наближеною формулою:

$$\tau_{\max} = \frac{3R'}{2F}, \quad (57)$$

де $R' = \sqrt{(V_1 + V_2)^2 + (S_1 + V_3)^2}$

На масивних бетонних або кам'яних стінах може бути виконана перевірка упорної стіни на зсув, вважаючи, що вона втримується лише силами тертя. У цьому випадку коефіцієнт стійкості на зсув K буде складати:

$$K = \frac{\sum Nf}{R'}, \quad (58)$$

де $f \approx 0,75$.

Розрахунок для другого випадку навантаження виконується аналогічно описаному. При цьому враховуються моменти від ваги воріт щодо осей X і Z і від бічного тиску ґрунту й ґрунтових вод щодо осі Z .

Для верхньої голови за наявності стінки падіння схема дії сил по суті залишається та ж сама, змінюються лише плечі сил S_1 , V_1 і V_2 відносно основи упорної стіни.

При безрозпірних системах воріт розрахунок упорних стін принципово не змінюється, буде лише відсутнім розпір воріт, а характер передачі навантаження від воріт на стіни буде залежати від системи затвора й розташування опорних частин.

8.2 Розрахунок стін голів шлюзів на нескельних основах

Стіни голів шлюзів, розташованих на нескельних основах, в запобіганні перекосу воріт звичайно жорстко пов'язуються із днищем (флютбетом). Тоді розрахунок для днища може бути виконаний так само, як і для балки на пружній основі методами, застосовуваними для камер докового типу. Додатково треба лише врахувати нерівномірний характер розподілу сил по повздовжній осі шлюзу, а також змінну жорсткість самого флютбету. Для цього може бути застосований наступний наближений метод.

Спочатку голова шлюзу разом зі стінами розглядалася як монолітний жорсткий масив. При цьому допущенні для різних випадків навантаження в поздовжньому напрямку обчислюється тиск на ґрунт за звичайними формулами нерівномірного стиску. Епюри реакції ґрунту (в поздовжньому напрямку) будуть мати вигляд трапеції, потім масив розділяється на дві частини швом, що проходить по середині плити ніші. Для кожної частини масиву обчислюється її жорсткість і визначається відносна жорсткість частини:

$$\alpha_1 = \frac{E_1 I_1}{E_1 I_1 + E_2 I_2}; \quad (59)$$

$$\beta_1 = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1 + E_2 I_2}. \quad (60)$$

Потім, спроектувавши положення центру ваги перерізу кожної частини флютбету на епюру реакції ґрунту (центр ваги перерізу умовно приймається у центрі ваги розтягнутої арматури) і прийнявши ці точки за опори двохконсольної балки, визначаються опорні реакції від навантаження (реакції ґрунту) і обчислюються коефіцієнти розподілу навантаження:

$$\alpha_2 = \frac{R_1}{\sum R}; \quad (61)$$

$$\beta_2 = \frac{R_2}{\sum R}. \quad (62)$$

Далі визначають розрахункові коефіцієнти розподілу навантажень між окремими частинами флютбетів:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}, \quad (63)$$

$$\beta_1 = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}. \quad (64)$$

Очевидно, що $\alpha_1 + \beta_1 = 1$; $\alpha_2 + \beta_2 = 1$ і $\alpha + \beta = 1$.

Пропорційно даним коефіцієнтам α і β , які враховують як поздовжній розподіл навантажень, так і відносну жорсткість частин флютбету, розподіляються для розрахунку всі загальні навантаження на флютбет між окремими його частинами. Кожна частина флютбету надалі розраховується самостійно за спрощеним методом або більш точним способом розрахунку балок на пружній основі.

Контрольні питання

- 1 Дати визначення напружень в основах упорних стін.
- 2 Описати методику визначення дотичних напружень.
- 3 Описати методику перевірки упорної стіни на зсув.
- 4 Описати розрахунок стін голів шлюзів на нескельних основах.

Тема 9 ШЛЮЗОВІ ВОРОТА

9.1 Типи шлюзових воріт.

9.2 Вимоги, які пред'являються до шлюзних воріт.

9.3 Класифікація шлюзних воріт.

9.1 Типи шлюзових воріт

Судноплавні отвори шлюзів обладнують затворами двох типів: постійними й тимчасовими. Постійними затворами є шлюзові ворота, що відносяться до основного типу, тимчасовими – ремонтні й аварійні.

Шлюзовими воротами називаються затвори, що закривають судноплавні отвори шлюзів і забезпечують впуск у камеру і випуск з неї шлюзованих суден, а також служать для наповнення й спорожнювання камери шлюзу.

9.2 Вимоги, які пред'являються до шлюзових воріт

До шлюзових воріт пред'являються наступні вимоги:

- ворота повинні бути досить водонепроникними;
- ворота повинні бути простими за конструкцією і надійними в експлуатації;
- відкриття й закриття воріт повинно виконуватись, за можливістю, в короткий строк;
- відкриті ворота не повинні стискати надводних і підводних судноплавних габаритів;
- тип і конструкція воріт повинні забезпечувати найбільш раціональну систему наповнення й спорожнювання камери, а також і найменший обсяг зливної призми шлюзу;
- ворота повинні бути міцними та жорсткими, щоб уникнути появи деформацій;
- виготовлення, монтаж і ремонт воріт не повинні викликати особливих утруднень;
- конструкція воріт не повинна викликати суттєвого збільшення обсягу кладки або посилення голови шлюзу;
- маневрування воротами повинне забезпечуватися мінімальними тяговими зусиллями;
- вартість воріт, а також їх експлуатація повинна бути найменшою.

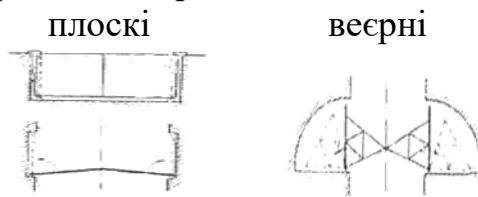
9.3 Класифікація шлюзових воріт

Шлюзові ворота класифікуються за наступними загальними ознаками:

- по конструкції й способу руху:

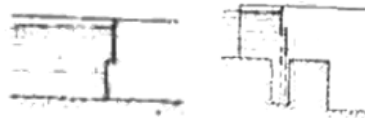
I. Двохполотні

1) Стулчасті (поворотні – з вертикальною віссю обертання):



2) Плоскі здвоєні (з поступальним рухом):

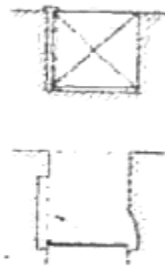
Піднімальні опускні



II. Однополотні

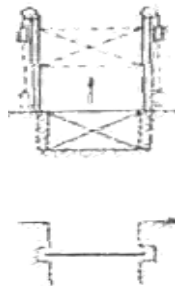
1) Плоскі:

– поворотні – з вертикальною віссю обертання

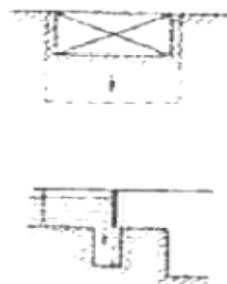


– з поступальним рухом:

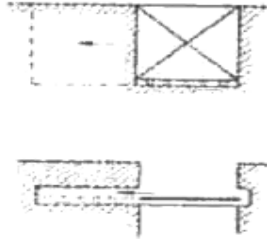
а) піднімальні



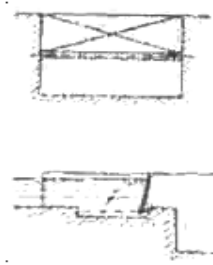
б) опускні



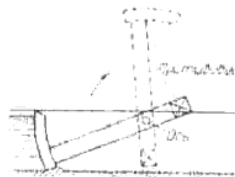
в) відкатні



2) Клапанні (поворотні – з горизонтальною віссю обертання)



3) Сегментні (поворотні з горизонтальною віссю обертання):
а) піднімальні



б) опускні



4) Секторні



5) Вальцьові



Контрольні питання

1. Назвати типи шлюзових воріт.
2. Описати призначення шлюзових воріт.
3. Описати вимоги, які пропонувані до шлюзових воріт.
4. Дати класифікацію шлюзових воріт за конструкцією.
5. Дати класифікацію шлюзових воріт за способом руху.

Тема 10 СУДНОПЛАВНІ КАНАЛИ

10.1 Типи судноплавних каналів.

10.2 Поперечні перерізи каналів.

10.3 Трасування судноплавних каналів.

10.4 Втрати води з каналів і їхнє живлення.

10.5 Кріплення укосів каналів.

10.1 Типи судноплавних каналів

Каналом називається штучне русло правильної форми, влаштоване в виїмці або насипу. Канали, використовувані як водні шляхи, називаються судноплавними.

Судноплавні канали будувалися ще в далекій давнині. Так, Аристотель писав про будівництво у Єгипті судноплавного каналу для з'єднання Ніла з Червоним морем за 1400 років до н.е. За 1100 років до н.е. у Китаї існувала ціла мережа штучних каналів для плавання судів. Судноплавний канал довжиною 600 км був побудований від Вавилону до гирла Євфрату в VI столітті до н.е.

Серед судноплавних каналів розрізняють наступні типи: обхідні; підхідні; сполучні.

Обхідні канали – улаштовуються для обходу будь-якої перешкоди на основному водному шляху, наприклад, ділянки річки або озера, на яку річкові судна за умовами плавання не можуть виходити.

Підхідні канали (тупики) – з'єднують окремі промислові підприємства із судноплавною річкою або транзитним судноплавним каналом.

Сполучні канали – зв'язують окремі судноплавні річки або озера. Прикладом може служити канал Дніпро-Донбасс.

Останнім часом будуються судноплавні канали комплексного призначення. Поряд із судноплаством вони використовуються для підведення води до гідроелектростанцій, для водопостачання або є магістральними іригаційними каналами. Прикладом останнього може бути Каракумський канал.

Судноплавні канали розділяються також на відкриті й ошлюзовані. За родом живлення канали можуть бути самопливні і з механічною подачею води.

10.2 Поперечні перерізи каналів

Поперечний переріз каналу і його основні характеристики обирають на підставі максимальних розмірів суден, які будуть плавати по цьому каналу.

Рух по судноплавних каналах може бути зустрічним або одностороннім. Найпростіша форма поперечного перерізу каналу – трапецієподібна (рис. 21). Ухили каналу обираються залежно від характеру ґрунту. Для піщаних і глинистих ґрунтів коефіцієнт закладення укосів приймається $m=2,4$.

Ширина каналу на рівні осадки максимально розрахункових судів повинна задовольняти умові $b_1 > 2B + 3d$, м.

Величина d , тобто проміжок між зустрічними судами й між бортом судна й укосами каналу приймається $d = 2,3$ м.

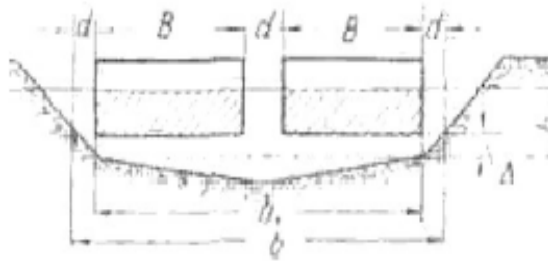


Рисунок 21 – Розрахункова схема судноплавного каналу при 2-х сторонньому русі судів

Ширина каналу за урізом води повинна задовольняти умові $b > 2,6B$, м. Глибина каналу при найменшому горизонті води в ньому визначається за формулою:

$$h_{\text{к min}} = h + \Delta, \text{ м}, \quad (65)$$

де Δ – величина запасу під днищем судна, призначається залежно від розміру й типу суден, швидкості їхнього руху й ґрунту, приймається $\Delta = (0,5 \div 1,5)$ м.

Для того, щоб не відбувався розмив дна каналу, його виконують із деяким ухилом до осі каналу, коефіцієнт закладення приймають $m = (25 \div 50)$.

Брівки каналу повинні підніматися над максимальним горизонтом води в каналі. Для каналів, побудованих у виїмці, таке перевищення приймається рівним $(1 \div 1,5)$ м, а для каналів, побудованих у насипах, – $(2 \div 3)$ м.

На брівках улаштовуються берми шириною від $(3 \div 4)$ м для проходу й проїзду вздовж каналу експлуатаційних служб для його огляду й ремонту.

У випадку, якщо канал проходить у глибокій виїмці, за бермою влаштовується кювет для перехоплення й відводу вод. Стійкість укосів каналів, побудованих у глибокої виїмці, варто перевіряти розрахунком.

Вздовж брівки укосу виїмки влаштовуються нагірні канали для перехоплення поверхневого стоку з прилеглого схилу (рис. 22)

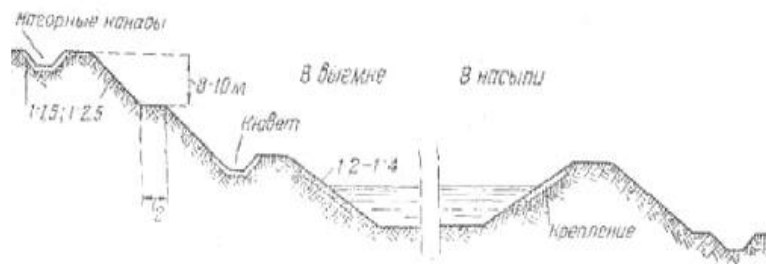


Рисунок 22 – Типовий переріз судноплавного каналу в насипі й у виїмці

10.3 Трасування судноплавних каналів

Під час трасування судноплавного каналу прагнуть дотримуватися прямолінійного напрямку, а за необхідності повороту каналу, мінімальний радіус закруглення у звичайних умовах приймається $R=6 Bc$, де Bc , – ширина максимального судна.

У випадку кривизни напрямків у різні боки між ними повинні бути влаштовані прямолінійні вставки довжиною не менше $1,5Lc$ для безперешкодного повороту суден на ходу.

Слід зазначити, що напрямком довгих прямолінійних ділянок судноплавних каналів не повинен збігатися з напрямком пануючих вітрів для уникнення значних коливань рівнів води через вітрові хвилі.

Під час трасування каналів варто домагатися найменшої їх довжини і мінімальних обсягів робіт.

10.4 Втрати води з каналів і їхнє живлення

Вода в судноплавному каналі витрачається на випар з водної поверхні, на фільтрацію через дно й укоси каналу, на шлюзування й витік через нещільності в затворах шлюзів і гребель.

Втрати на випар з водної поверхні можна визначити за наступною формулою:

$$E = (18,6 + 3,73W)d^{0,654}, \quad (66)$$

де E – середньомісячний випар у мм;

W – середньомісячна швидкість вітру в м/с;

d – середньомісячний дефіцит вологості.

Втрати на фільтрацію залежать від роду ґрунту й можуть визначатися за формулою:

$$q = 0,0375k_0\sqrt{\frac{Q}{V}}, \quad (67)$$

де q – втрати води на 1 см довжини каналу;

Q – витрата води в каналі m^3/c ;

V – середня швидкість у м/с;

k_0 – коефіцієнт фільтрації ґрунту в м/добу.

Швидкість проходження води в судноплавному каналі не повинна перевищувати величини $V=(0,6\div 0,8)$ м/с.

Ошлюзовані канали одержують живлення з бокових річок або спеціальних водоймищ, розташованих на відмітках, що допускають подачу води самопливом. У деяких випадках вододільні б'єфи каналу доводиться живити шляхом подачі води насосами з річки або водоймища.

10.5 Кріплення укосів каналів

Для запобігання укосів каналу від розмиву хвилею, що виникає під час проходження судів, улаштовуються кріплення (рис.23).

Укоси кріплять не по всій висоті, а лише в зоні можливого коливання рівня води, а також на 1 м нижче за нижчий навігаційний горизонт. Висоту судової хвилі можна визначити за формулою:

$$h = \frac{V^2}{g}, \quad (68)$$

де h – висота хвилі;

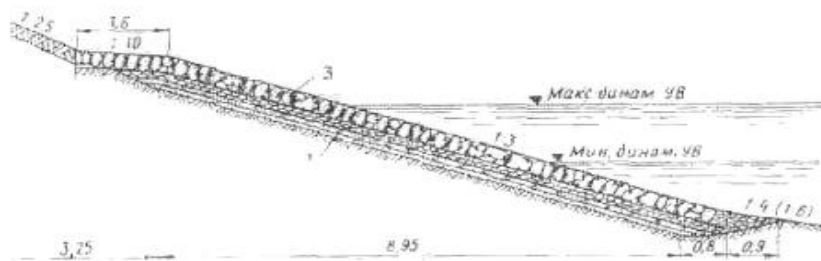
V – швидкість руху судна;

g – прискорення сили ваги.

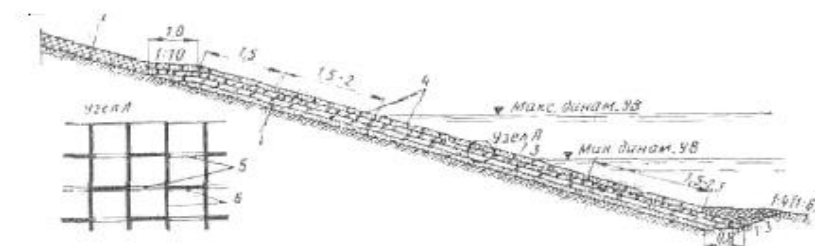
Швидкість руху суден у каналах допускається до 30 км/год.

Для влаштування кріплення укосів судноплавних каналів варто застосовувати місцеві будівельні матеріали. Найбільш часто кріплення влаштовують у вигляді бруківки (мостової) по шару щебеню або гравію, при цьому бруківка повинна влаштовуватися ретельно із розклиненням.

Кріплення частини укосів може виконуватися у вигляді кам'яного накидання з каменю $d \geq 0,25$ м, у разі відсутності на місці каменю кріплення може виконуватися з бетонних або залізобетонних плит, які укладають по шару гравію.



а



б

а – у вигляді кам'яного накидання; б – бетонними й залізобетонними плитами;

1 – кам'яне накидання; 2 – одерновка; 3 – ж/б й бетонні плити;

4 – упор кріплення

Рисунок 23 – Типи кріплень укосів каналу

Для зменшення втрати води на фільтрацію на дні каналу й на укосах улаштовуються протифільтраційні екрани. Матеріалом таких екранів частіш за

все служать глина, суглинок або полімерні плівки. Товщина екрана, виконаного з ґрунту, приймається $0,6 \div 1,0$ м. Екран доводять до відміток, що перевищують найвищий горизонт води в каналі на $0,2 \div 0,3$ м, і зверху прикривають захисним шаром товщиною від $0,5 \div 1,0$ м з піску або місцевого ґрунту.

Контрольні питання

- 1 Назвати типи судноплавних каналів.
- 2 Описати методику визначення розміри поперечного перерізу судноплавного каналу.
- 3 Описати методику виконання трасування судноплавних каналів.
- 4 Описати методику визначення втрати води з каналів.
- 5 Описати методику виконання кріплення укосів судноплавних каналів.

Тема 11 ТИПИ СПОРУД НА СУДНОПЛАВНИХ КАНАЛАХ

11.1 Споруди на судноплавних каналах.

11.2 Насосні станції.

11.3 Споруди в місцях перетинання з водотоками й дорогами.

11.4 Водоскиди й водоспуски.

11.5 Запобіжні загородження.

11.1 Споруди на судноплавних каналах

На судноплавних каналах доводиться зводити різні штучні споруди, що розрізняються за своїм призначенням, а саме:

- споруди, пов'язані зі сполученням б'єфів, до них відносяться: греблі, судноплавні шлюзи й суднопідйомники;
- насосні станції для перекачування води з нижнього б'єфа (НБ) каналу в верхній б'єф (ВБ);
- споруди, що будуються в місцях перетинань каналів, річок, струмків, ярів і доріг, до них відносяться: трубчасті переїзди, дюкери, мости, тунелі й поромні переправи;
- споруди, пов'язані з перетинанням каналом великих височин або гірських хребтів, до них відносяться судноплавні тунелі;
- споруди, пов'язані з регулюванням горизонту води в каналі, його спорожнюванням і відключенням окремих частин каналу від сусідніх ділянок; до них відносяться: водоскиди, водоспуски, запобіжні загородження.

11.2 Насосні станції

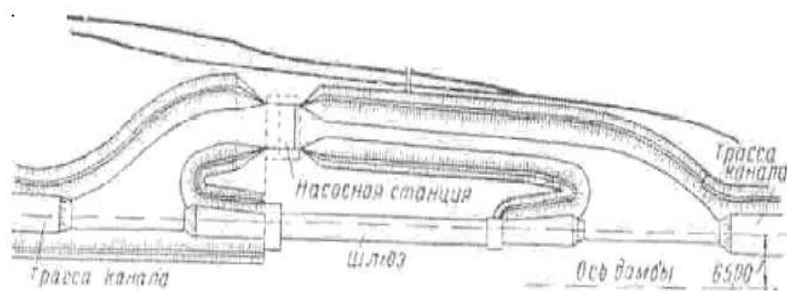
Насосні станції на судноплавних каналах служать для перекачування води, необхідної для живлення каналів. Необхідність перекачування води насосами в вододільний б'єф каналу виникає тоді, коли приток води з річок, озер, водоймищ недостатній для покриття всіх потреб у воді.

Насосні станції розташовуються поряд зі шлюзами, з'єднуючими б'єфи в спеціальних обхідних каналах, паралельних основним судноплавним каналам (рис. 24). Швидкість у відвідному каналі не повинна перевищувати 0,8 м/с. Для зменшення підсмоктуючого впливу струменю води в напрямку насосної станції на судна, які рухаються по каналу, вхід у підвідний канал насосної станції перекривається полами з забральною стінкою, яка занурена на 3 м нижче за поверхню води.

11.3 Споруди в місцях перетинання з водотоками й дорогами

У місцях перетинання судноплавних каналів із природними або штучними перешкодами влаштовуються водопровідні й інші споруди. Тип водопровідних споруд залежить від положення перешкоди по відношенню до

дна каналу. Спорудами, які влаштовують по трасі судноплавного каналу в місцях перешкод, що зустрічаються, можуть бути: судноплавні тунелі, трубчасті переїзди, дюкери, мости й канали.

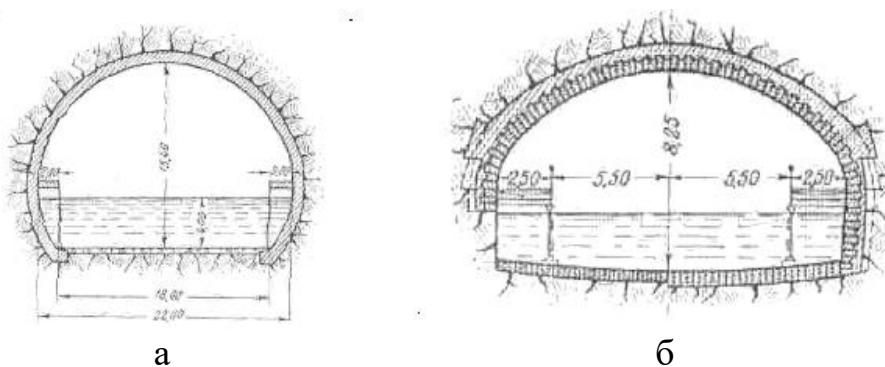


- 1 – судноплавний шлюз; 2 – насосна станція; 3 – траса судноплавного каналу;
4 – нижній підвідний канал; 5 – відвідний канал

Рисунок 24 – Схема розташування насосної станції в судноплавному шлюзі

Судноплавні тунелі. У місцях перетинання судноплавним каналом піднесених місць або гірських хребтів замість глибоких виїмок улаштовуються судноплавні тунелі (рис. 25).

Судноплавні тунелі будуються на водних шляхах уже давно. Перший судноплавний тунель – Малькаський (довжиною 150 км, шириною 6,7 м, висотою 8,2 м) був побудований у Франції в 1679–1681 рр. на Лангедонському каналі, що встановив зв'язок між Атлантичним океаном і Середземним морем.



- а – для двостороннього руху суден; б – для одnobічного руху суден

Рисунок 25 – Поперечний переріз судноплавних тунелів

11.4 Водоскиди й водоспуски

Регулювання рівнів води й спорожнювання судноплавних каналів здійснюється за допомогою водоскидів або водоспусків.

Водоскиди влаштовуються у вигляді відкритих водозливів або сифонів для скидання зайвих вод з каналу у випадку підвищення горизонту води вище за розрахунковий. Дані споруди розташовуються в тих місцях, де можна влаштувати зручний відвід води в річку або балку.

Водоспуски призначаються для спорожнювання окремих ділянок каналу, які можуть знадобитися для огляду або ремонту підводних частин каналу або споруд, що перебувають на ньому. Водоспуски можуть бути відкритого типу або трубчасті, обладнані затворами. Розташування водоспусків також повинне бути обране з урахуванням зручності відводу води.

11.5 Запобіжні загородження

Запобіжні загородження (аварійні) або загороджувальні ворота влаштовують на судноплавних каналах для розбивки його на кілька секцій для того, щоб у випадку аварії або за необхідності огляду можна було б вимкнути окрему секцію, не спорожняючи всього каналу. Необхідність влаштування запобіжних загороджень викликається наступними умовами: наявністю довгого вододільного б'єфа; наявністю великих водоймищ, що живлять канал; наявністю великої кількості відповідальних споруд на каналі; наявністю ділянок каналу в насипах; можливістю окремих ушкоджень каналу або аварій суден; важкими наслідками аварій на будь-якій ділянці каналу.

Відповідно до цих умов і місцевих особливостей каналу встановлюються місця розташування й число запобіжних загороджень.

Запобіжне загородження може бути влаштоване у вигляді однопрольотної або двопрольотної споруди. Запобіжні загородження повинні задовольняти наступним основним вимогам: можливості перекивати великі прольоти; можливості встановлення загородження в поточну воду; швидкості монтажу загородження; відсутності стиснення підводних і надводних габаритів суден, що рухаються по каналу; достатній водонепроникності; зручності огляду й ремонту.

В якості запобіжних загороджень на каналах застосовують ферми Томаса, відкотні ворота, сегментні підймальні й опускні затвори, плоскі опускні й плоскі підймальні затвори.

Контрольні питання

- 1 Описати споруди, які влаштовують на судноплавних каналах.
- 2 Описати випадки, у яких необхідно влаштовувати насосні станції на судноплавних каналах.
- 3 Описати споруди, які влаштовують у місцях перетинання з водотоками, дорогами й гірськими хребтами.
- 4 Описати судноплавні тунелі.
- 5 Описати призначення водоскидів й водоспусків на судноплавних каналах.
- 6 Описати призначення запобіжних загороджень на судноплавних каналах.

Тема 12 РІЧКОВІ ПОРТИ

12.1 Загальні положення.

12.2 Типи річкових портів.

12.3 Вимоги, що ставляться до порту.

12.4 Порти на каналах, водоймищах і озерах.

12.1 Загальні положення

Річковим портом називається транспортний вузол, у якому відбувається перевантаження пасажирів і вантажів з річкових суден на сухопутні види транспорту й, навпаки.

Річковий порт повинен відповідати основній вимозі – можливості виконувати в ньому швидко, зручно й з найменшими витратами перевантажувальні і пасажирські операції.

Річковий порт складається з портової акваторії, тобто частини водної поверхні, використовуваної для підходу, маневрування й стоянки суден, і пов'язаної з нею портової території, на якій розташовуються берегові частини порту. Річкові порти, звичайно, розташовуються біля міст або великих населених пунктів.

Крім великих річкових портів на водних шляхах існує велика кількість дрібних пунктів зупинки у вигляді плавучих причалів – дебаркадерів, що розташовані біля неукріпленого берегового укосу.

До складу портової акваторії входять:

- підходи до причальної лінії;
- портові басейни й причальні лінії, у яких безпосередньо відбуваються перевантажувальні операції;
- рейди або водні площі, на яких відбувається формування й розбирання караванів суден з перевантаженням з одних суден на інші.

Для зимівлі й ремонту суден відводять окремі ділянки акваторії у вигляді затонів або штучних басейнів. На портовій території розміщуються залізничні колії, складські приміщення, службові будинки, перевантажувальні пристрої, ремонтні майстерні.

Основним фактором, що визначає розміри порту, є його вантажообіг. Заданий вантажообіг порту визначає розміри споруд порту і довжину причальних ліній, а також види й потужності різних перевантажувальних механізмів.

Довжина причальної лінії встановлюється залежно від продуктивності перевантажувальних механізмів.

12.2 Типи річкових портів

Порти на внутрішніх водних шляхах класифікуються за різними ознаками. Залежно від місця положення існують:

- порти на вільних річках;
- порти на ошлюзованих річках і каналах;
- порти на озерах і водоймищах.

Порти на вільних річках можуть бути розділені на руслові й позаруслові. У русловому порту причальні лінії розташовуються безпосередньо в руслі річки вдовж її берега (рис. 26). У позарусловому порту причальні лінії розташовуються в природних затоках або затонах, з'єднаних з основним руслом, припливом або каналом.

Розглядаючи руслові й позаруслові порти, можна виділити наступні їх переваги:

- для руслових портів – менший обсяг і вартість робіт зі спорудження порту; більш зручний підхід суден до причальної лінії; більш легку пристосованість до будь-яких місцевих умов;
- для позаруслового порту – цілком спокійні умови стоянки суден; можливість використання басейнів усього порту; більше зручне розташування залізничних колій і складів.

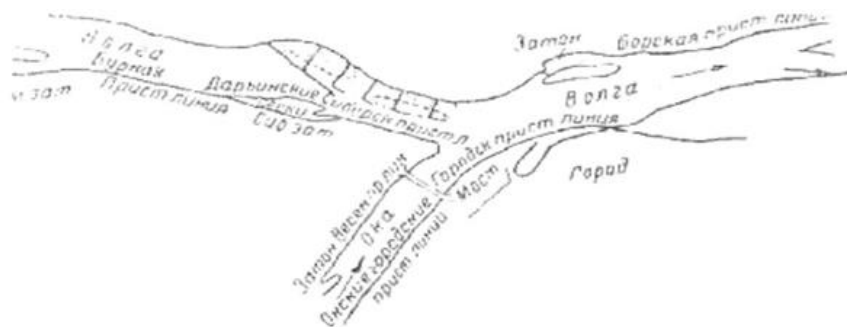


Рисунок 26 – Русловий порт

До недоліків можна віднести:

- щодо руслових портів – менш зручні умови стоянки суден біля причалів через швидкість течії річки; неможливість зимівлі біля відкритих причалів через незахищеність суден від льодоходу; розтягнутість причальних ліній;
- для позаруслових портів – будівництво штучних басейнів пов'язана з великим об'ємом земляних робіт і подорожчанням причальних пристроїв.

12.3 Вимоги, що ставляться до порту

Для руслових портів вимоги судноплавства зводяться до наступного:

- ширина річки повинна бути достатньою для розміщення суден, що стоять біля причалу й тих, що підходять до них;
- глибина на підходах і біля причалів повинна відповідати розрахунковій осадці суден;
- швидкість течії повинна бути незначною й не перевищувати 1–1,2 м/с;

– ділянка берега, вздовж якого розташовується причальна лінія, повинна мати за можливістю прямолінійний характер.

Ширина водної поверхні уздовж причальної лінії повинна дорівнювати $7B_c$, де B_c – максимальна ширина судна.

За діючими правилами технічної експлуатації глибина на рейдах і біля причалів у руслових портах повинна на 0,3 м перевищувати глибину, гарантовану на транзитному ході.

Швидкість течії біля причалу для безпеки та зручності підходу й швартування не повинна перевищувати 1–1,2 м/с.

Рейди в руслових портах рідко розташовуються поблизу причальних ліній; звичайно, їх розташовують вище або нижче за течією (рис. 27).

Розміри рейдів визначаються за максимальною кількістю суден, які одночасно можуть збиратися на рейді. Розміщення суден на рейді виконується колонами й рядами так, щоб як можна зручнішим був підхід буксира. Відстань між колонами приймається рівними $4B_c$.



Рисунок 27 – Розташування рейдів

У позаруслових портах рейди здебільшого виносяться до русла річки, а в басейнах розташовуються лише причальні лінії, мінімальна ширина басейну повинна складати $\geq 6B_c$. Розташування порту повинне також забезпечувати можливість здійснення зручного залізничного й автомобільного зв'язку порту з загальною мережею залізничних і автомобільних доріг.

12.4 Порти на каналах, водоймищах і озерах

Річкові порти на каналах і ошлюзованих річках розташовуються у спеціальних басейнах, створених місцевим розширенням каналу або річки. Іноді в басейн виступають окремі ділянки території, оточені набережними, так звані, портові пірси.

Озерні порти й порти на великих водоймищах відрізняються від річкових портів тим, що причали й прилягаючі до них акваторії, у тому числі рейди для стоянки суден, повинні бути захищені від дії вітрових хвиль спеціальними спорудами, які називаються молом.

Мол – це огорожувальна споруда, з'єднана з берегом.

Також улаштовуються хвилеломи – це огорожувальні споруди, не пов'язані з берегом. Огородження акваторії від хвиль може здійснюватися як

стаціонарними хвилеломами, так і плавучими.

Контрольні питання

- 1 Описати типи річкових портів.
- 2 Описати вимоги, що ставляться до річкових портів.
- 3 Описати різницю між портами, розташованими на каналах, та на водоймищах.
- 4 Описати, за допомогою яких споруд борються із хвилями в річкових портах.

Тема 13 ПОРТОВІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

13.1 Загальні положення.

13.2 Причальні споруди.

13.3 Огороджувальні споруди.

13.4 Способи ремонту суден.

13.1 Загальні положення

До портових гідротехнічних споруд відносяться наступні споруди:

- причальні, які служать для постановки вздовж них суден під час виробництва вантажних або пасажирських операцій;
- огороджувальні, які захищають акваторію порту від вітрового хвилювання, сильної течії або льодоходу;
- суднопіднімальні пристрої, що служать для ремонту підводної частини суднових корпусів.

13.2 Причальні споруди

Причальні споруди поділяють на наступні типи:

- споруди для зміцнення причальних укосів;
- вертикальні підпірні стінки для набережних;
- пристані;
- плавучі причали, так звані, дебаркадери.

Борт судна, що знаходиться біля причалу, для зручності вантажних операцій повинен бути розташований ближче до портової території, на якій розташовані залізничні колії, проїзди, склади й механічні перевантажувачі. Тому вертикальна стінка повинна бути досить низькою, щоб судно могло підійти до неї впритул.

Однак для річкових суден, що мають невелике осідання, немає можливості користуватися причалом укисної форми. Для цього піднімальний кран повинен мати достатній виліт стріли, щоб він міг діставати до середини суден, які стоять біля причалу (рис. 28).

При значному коливанні горизонтів води укис іноді розділяється по висоті бермами або терасами на кілька ярусів.

Кріплення причальних укосів можна виконувати відсипанням каменю або бетонними плитами на відповідній підготовці.

Крутість укосу повинна відповідати його стійкості. Стійкість укосу повинна бути перевірена розрахунком на зрушення по криволінійних поверхнях на тимчасове і постійне навантаження, а також з урахуванням ваги піднімальних механізмів.

Вертикальні стінки набережних являють собою підпірні стінки й можуть мати різноманітні конструкції залежно від того чи будуються вони «насухо» або основа стінки зводиться нижче рівня води без водовідливу.

Набережні можуть бути влаштовані вздовж берега річки в руслових портах, а також і по периметру берегових басейнів і навколо виступаючих в акваторію пірсів.

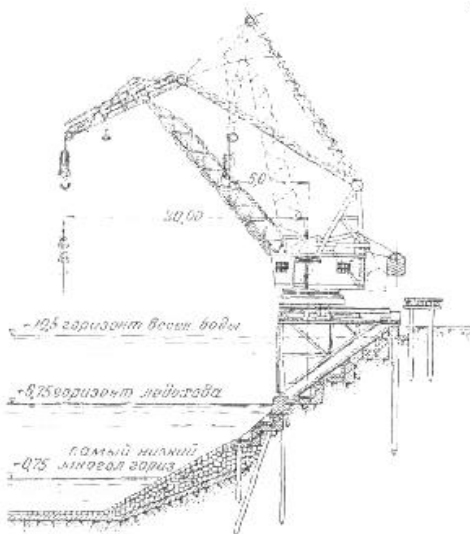


Рисунок 28 – Тип причалу укiсного профiлю

Стiнки набережних за конструкцiєю можуть подiлитись на наступнi типи:

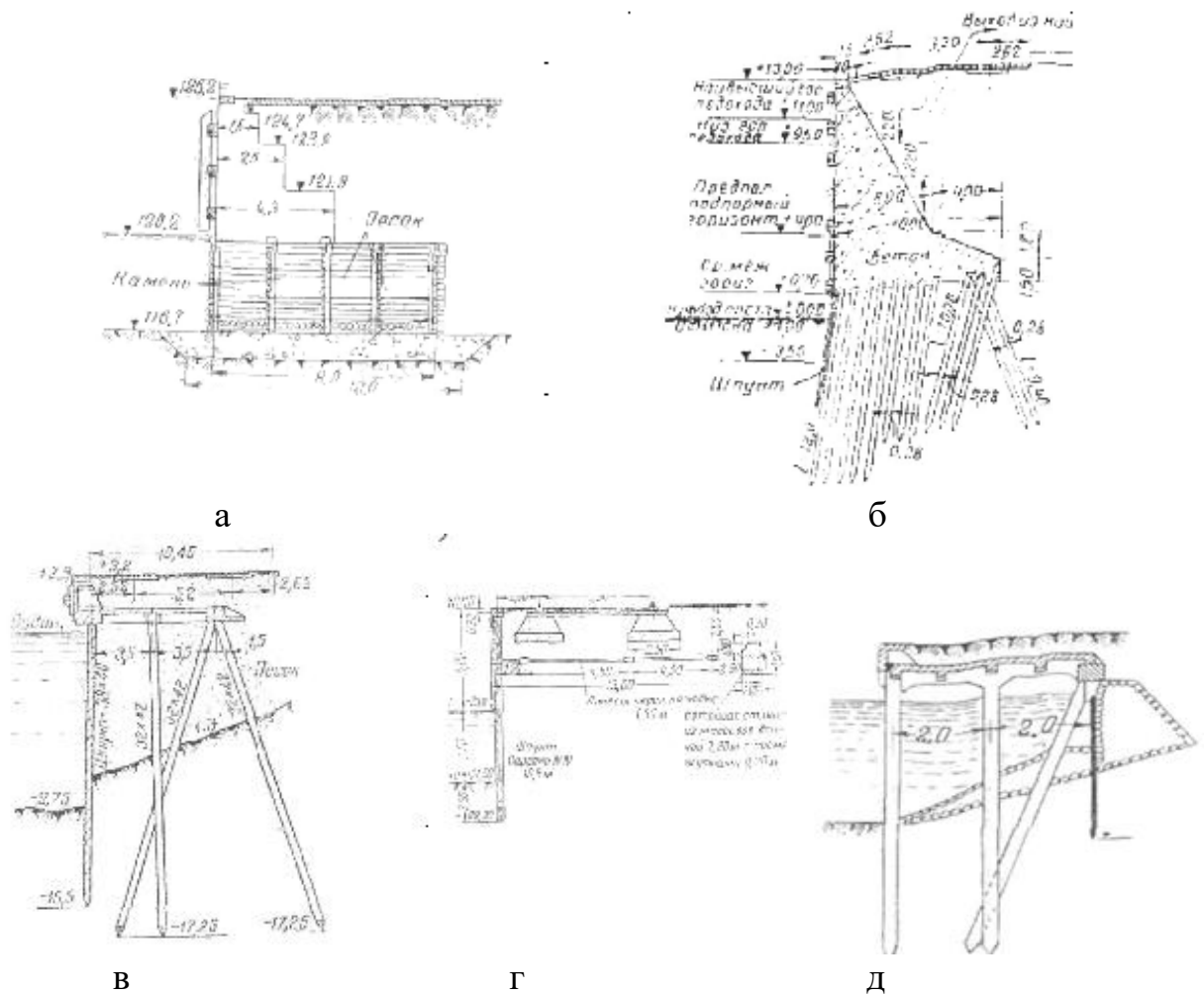
- зрубова набережна з бетонною надбудовою (рис. 29,а);
- бетонна пiдпiрна стiнка (конструкцiї такого типу споруджуються при великому коливанні горизонту води (рис. 29,б));
- набережна з високим залiзобетонним пальовим ростверком i переднiм шпунтом (рис. 29,в);
- набережна у виглядi заанкерованого металевого шпунтового ряду (рис. 29,г);
- залiзобетонна пальова набережна з заднiм шпунтовим рядом (рис. 29,д).

Набережнi забезпечуються вiдбiйними пристосуваннями у виглядi дерев'яних рам iз брусiв, навшених на лицьовi гранi набережної або у виглядi окремо забитих перед стiнкою вiдбiйних паль, якi мають на метi виключення ударiв суден об стiнку.

Для швартування суден служать причальнi тумби, установлюванi бiля самої границi набережних, щоб не заважати руху кранiв.

Тумби розташовуються на вiдстанi 25 м. По лицьовiй гранi стiн навшуються кiльця-рами.

Пристанi являють собою наскрiзнi споруди iз суцiльним настилом. Вони розташовуються, звичайно, над береговим укосом. Iнодi пристанi розташовуються перпендикулярно до берега, утворюючи свого роду пiрси. Пристанi можуть бути дерев'янi, сталевi, залiзобетоннi. За своєю конструкцiєю частiше за все бувають пальовi, рiдше – у виглядi окремих опор (рис. 30).



а – зрубова; б – бетонна підпірна стінка; в – набережна з високим залізобетонним пальовим роствертком і переднім шпунтом; г – набережна у вигляді заанкерованого металевий шпунтового ряду; д – залізобетонна пальова набережна з заднім шпунтовим рядом

Рисунок 29 – Стінки набережних

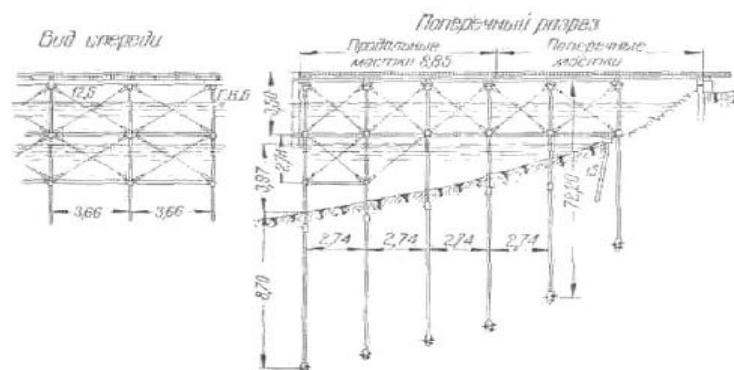


Рисунок 30 – Пальова пристань

Для вантажопасажирських суден використовують плавучі причали – дебаркадери. Плавучий дебаркадер являє собою сталеву, залізобетонну або

дерев'яну баржу, яка установлюється на укосі берега на якорях, і з'єднується з берегом східчастими легкими містками.

Плавучі причали (дебаркадери) використовуються при великих коливаннях горизонтів води, при незначному розмірі вантажообігу й для вантажопасажирських причалів.

13.3 Огороджувальні споруди

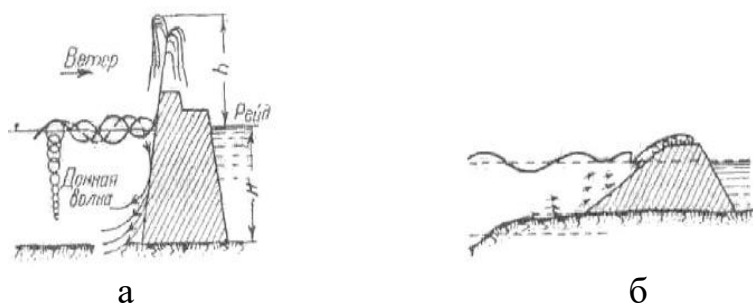
Споруди, що захищають акваторію порту й причальні ніші від впливу льодоходу, вітрових хвиль, сильної течії й від наносів, називаються огороджувальними. До них відносяться: льодорізи й льодозахисті стінки, дамби; хвилезахисні споруди – дамби й шпори, що служать для захисту від наносів або сильної течії.

Льодозахисті споруди доводиться зводити у випадку, якщо судна зимують біля причальних ліній. Льодорізи являють собою просторову конструкцію з передньою похилою гранню й можуть виконуватися з паль або ряжеві, заповнені камінням. Відстань між льодорізами приймається від 10 до 15 м.

Хвилезахисні споруди застосовують у водосховищних або озерних портах.

Існує два типи хвилеломів: вертикальна або майже вертикальна стінка, що відбиває хвилю (рис. 31,а), застосовується при достатній глибині перед стінкою, рівною $H > 3h$, де h – половина висоти хвилі; укісна споруда з кутом нахилу зовнішнього укосу до обрїю $\alpha < 45^\circ$, на якому хвиля розбивається (рис. 31,б).

Для ряду портів, розташованих у межах водоймищ, хвилезахисні споруди можна виконувати у вигляді ґрунтових дамб.



а – вертикальна стінка; б – укісна споруда з кутом нахилу зовнішнього укосу до обрїю $\alpha < 45^\circ$

Рисунок 31 – Схеми хвилеломів

13.4 Способи ремонту суден

Ремонт механізмів у підводній частині корпусу судна може бути виконаний на плаву. Перед ремонтом підводна частина судна повинна бути осушена. Осушення судна здійснюють різними способами.

Судно може бути підняте за допомогою суднопіднімальних пристроїв – полозка або візків по похилій площині берега за допомогою лебідок. Такий пристрій підйому називається елінгом. Похила площина, що служить для підйому й спуску суден під час ремонту, називається стапелем.

Іншим способом осушення підводної частини судна є відвід судна в сухий док. Сухий док являє собою камеру, яка нагадує судноплавний шлюз, і має лише один вхід, що закривається воротами. Судно вводиться в док і закріплюється в ньому, ворота закриваються і вода з камери викачується насосами, судно сідає на спеціальні опори з брусів.

Плавучий док складається з окремих секцій, які мають днище і бокові стінки. Торцеві частини плавучого доку відкриті. Перед підйомом судна плавучий док заповнюється водою через отвори, наявні в стінах і днищах дока. Коли нижня палуба доку, так звана стапель, опуститься нижче днища судна, останнє вводиться в док і закріплюється. Після цього насоси, розташовані на доці, відкачують воду з баластових відсіків, док поступово спливає й піднімає з собою судно.

Контрольні питання

- 1 Описати причальні споруди.
- 2 Описати огороджувальні споруди.
- 3 Описати льодорізи.
- 4 Описати хвилезахисні споруди.
- 5 Описати елінг.

Додаток 1. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Коротка історія водних шляхів і водного транспорту. Переваги та недоліки водного транспорту	1
2	Компонування суднопропускних споруд у гідровузлах Дніпровського каскаду	2
3	Споруди на судноплавних каналах. Компоновка судноплавних споруд	1
4	Застосування різних систем живлення.	4
5	Визначення судноплавної глибини водного шляху.	1
6	Пропускна здатність шлюзів.	1
7	Бокові системи і системи із збереженням води.	1
8	Вплив інерційних сил на процеси наповнення і спорожнення камери шлюзу.	1
9	Конструювання елементів шлюзу.	4
10	Визначення поперечних розмірів стіни камери шлюзу	4
11	Тиск ґрунту на конструкції шлюзів	1
12	Затвори галерей. Ремонтне та допоміжне обладнання	1
13	Статичні розрахунки пал і причалів	3
14	Умови використання транспортних суднопідіймачів	2
15	Огороджувальні та берегозакріплювальні споруди	1
16	Морський шельф і перспективи його освоєння	1

Тема самостійної роботи	Рекомендована література
Водний транспорт	1,2,4,6
Водні шляхи та методи їх покращення	1,2,4,6
Судноплавні канали	1,2,4,6
Судноплавний шлюз	1,2,3,4,5,6,7,10
Водопровідні системи шлюзів	1,2,3,4,5,6
Гідравлічні розрахунки шлюзів	1,2,3,4,5,6
Конструкції шлюзів	1,2,3,4,5,6
Статичні розрахунки шлюзів	1,2,3,4,5,9,10,11
Механічне обладнання шлюзі	1,2,3,4,5,6,10
Причальні та направляючі споруди	1,2,3,4,5,6
Транспортні суднопідіймачі	1,2,4,6
Порти	1,2,6,7,8
Портові гідротехнічні споруди	1,2,6,7,8
Шельфові споруди	8

Додаток 2. Теми практичних занять

Заняття 1. Розрахунок габаритних розмірів шлюзу – 2 год.

Заняття 2. Гідравлічний розрахунок головної водопровідної системи шлюзу – 2 год.

Заняття 3. Гідравлічний розрахунок розподільної водопровідної системи шлюзу – 2 год.

Заняття 4. Визначення гідравлічних характеристик наповнення камери – 2 год.

Заняття 5. Визначення габаритів підхідних каналів шлюзу – 2 год.

Заняття 6. Визначення часу на шлюзування – 2 год.

Заняття 7. Розрахунок пропускної здатності шлюзу – 2 год.

Заняття 8. Техніко-економічний розрахунок шлюзу – 2 год.

Додаток 3. Приклади задач до контрольних тестувань

1. Визначити суднопропускну та вантажнопропускну здатності однокамерного судноплавного шлюзу виходячи з наступних вихідних даних:

- час шлюзування при односторонньому русі суден, 29 хв.;
- час шлюзування при двосторонньому русі суден, 34 хв.;
- тривалість навігації в добах, 230 діб;
- планова сумарна вантажопідйомність суден у складі, 6000 т.

2. Визначити коефіцієнт використання вантажнопропускної здібності шлюзу виходячи з наступних вихідних даних:

- час шлюзування при односторонньому русі суден, 27 хв.;
- час шлюзування при двосторонньому русі суден, 31 хв.;
- тривалість навігації в добах, 220 діб;
- планова сумарна вантажопідйомність суден у складі, 6500 т.

3. Визначити габаритні розміри камери шлюзу для шлюзування розрахункового каравану суден, що одночасно шлюзуються, у складі:

- вантажного теплохода з габаритними розмірами, 276 м; 35 м; 3,7 м;
- баржи з розмірами, 80 м; 16 м;
- буксира-штовкача з розмірами, 90 м; 14 м.

4. Визначити час наповнення шлюзової камери при розподільній системі живлення, встановити площу поперечного перерізу повздовжніх галерей, розташованих у днищі камери.

Вихідні дані для розрахунку:

- максимальний напір на камеру, 18 м;
- корисна довжина камери, 300 м;
- корисна ширина камери, 20 м;

- s – статична осадка розрахункового судна з повним вантажем, 2,7 м;
- s (пор) – осадка судна в порожньому стані, 2,1 м.

5. Для випадку «наповнення-спорожнення» камери шлюзу з поступовим неперервним відчиненням затворів при розподільній системі живлення без урахування інерційних сил визначити гідравлічні характеристики наповнення камери.

Вихідні дані для розрахунку:

- максимальний напір на камеру, 16 м;
- корисна довжина камери, 300 м;
- корисна ширина камери, 20 м;

Додаток 4. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Навчальним планом з дисципліни «Особливості забезпечення річкового водного транспорту» передбачено виконання двох розрахунково-графічних завдань з проектування елементів судноплавного шлюзу.

Розрахунково-графічні завдання 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.

Креслення, що виконуються у форматі А4, включають повздовжній переріз по осі шлюзу, поперечні перерізи по верхній та нижній головах, по камері.

Додаток 5. Розподіл балів, що присвоюються здобувачеві

Модуль 1. Поточне тестування	Змістовий модуль 1	10	T1	3
			T2	4
			T3	3
	Змістовий модуль 2	20	T4	5
			T5	6
			T6	4
			T7	5
	Змістовий модуль 3	10	T8	3
			T9	4
			T10	3
Індивідуальне навчально-дослідне завдання	30			
Підсумковий контроль знань	30			
Загальна сума балів	100			

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Михайлов А.В., Левачев С.Н. Водные пути и порты. Москва: Высшая школа, 1982.
2. Михайлов А.В. Внутренние водные пути. Москва: Стройиздат, 1973.
3. Михайлов А.В. Судходные шлюзы. Москва: Транспорт, 1966.
4. Судходные каналы, шлюзы и судоподъемники. Под ред. Семакова Н.А. Москва: Транспорт, 1970.
5. Перехвальский В.С. Расчет судходного шлюза. Москва: Транспорт, 1965.
6. Быков Л.С., Бочаров В.В. Гидротехнические сооружения на внутренних водных путях. Москва: Транспорт, 1976.
7. Пособие по проектированию судходных шлюзов с СНиП 2.06.07-Подпорные стены, судходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. П-864-88. Гидропроект. Москва, 1988.
8. Смирнов Г.Н. и др. Порты и портовые сооружения. Москва: Стройиздат, 1979.
9. Розанов Н.П. и др. Гидротехнические сооружения. / Москва: Стройиздат, 1978. 648 с.
10. Михайлов А.В., Левачев С.Н., Колесников Ю.М. Статические расчеты камер судходных шлюзов. Учебное пособие. /Москва: МИСИ, 1989. 100 с.
11. Шестаков А.С. Расчет железобетонных конструкций камер. Методические указания / СПГУВК, СПб., 1994. 28 с.
12. Колосов М.А. Гидротехнические сооружения. Методические указания к расчету бетонных камер судходных шлюзов / СПГУВК, СПб., 1995. 30 с.
13. Кононов В.В. Выбор и проектирование системы питания шлюза. Гидравлический расчет. Пропускная способность. Методические указания. /СПГУВК, СПб., 2001. 95 с.
14. СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования [текст]/ Госстрой СССР. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.
15. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Москва: Госстрой, 1989.
16. СНиП 2.06.04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Москва: Госстрой, 1989.

ЗМІСТ

Вступ	3
Тема 1 ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ	4
1.1 Основні види водних шляхів та вимоги до них	4
1.2 Особливості сучасного водного транспорту	4
1.3 Історія водних шляхів і водного транспорту	5
Тема 2 СУДНА ТА СПОСОБИ ТЯГИ	7
2.1 Вимоги, що ставляться до суден	7
2.2 Конструктивні елементи суден	9
2.3 Основні типи суден внутрішнього плавання	10
2.4 Способи тяги суден	11
Тема 3 СУДНОПЛАВНІ РІКИ В ПРИРОДНОМУ СТАНІ І ПОЛІПШЕННЯ СУДНОПЛАВНИХ УМОВ НА НИХ	13
3.1 Вимоги, які пред'являються судноплаством до водного шляху ...	13
3.2 Габарити водних шляхів	14
3.3 Судноплавні глибини водного шляху	15
3.4 Способи поліпшення судноплавних умов	17
Тема 4 ШТУЧНІ ВОДНІ ШЛЯХИ	18
4.1 Основні види штучних водних шляхів	18
4.2 Компонування суднопропускних споруд у гідровузлах і на каналах	20
4.3 Обхідні й підхідні судноплавні канали	22
4.4 Міжбасейні водотранспортні з'єднання	22
Тема 5 СУДНОПЛАВНІ ШЛЮЗИ	24
5.1 Типи судноплавних шлюзів і їх основні конструктивні елементи ..	24
5.2 Габаритні розміри шлюзів	26
5.3 Пропускна здатність шлюзів і час шлюзування судів	26
Тема 6 ВОДОПРОВІДНІ ПРИСТРОЇ ШЛЮЗІВ	29
6.1 Загальні положення	29
6.2 Типи водопровідних пристроїв	29
6.3 Гідравлічний розрахунок водопровідних галерей	30
6.4 Умови відстою в камері	32
Тема 7 СТІНИ Й ДНИЩА ШЛЮЗОВИХ КАМЕР І ГОЛІВ	34
7.1 Типи й конструкції стін і днищ шлюзових камер	34
7.2 Типи й конструкції шлюзових голів	37
Тема 8 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛІВ СУДНОПЛАВНИХ ШЛЮЗІВ	39
8.1 Розрахунок упорних голів	39
8.2 Розрахунок стін голів шлюзів на нескельних основах	42
Тема 9 ШЛЮЗОВІ ВОРОТА	44
9.1 Типи шлюзових воріт	44
9.2 Вимоги, які пред'являються до шлюзових воріт	44
9.3 Класифікація шлюзових воріт	44
Тема 10 СУДНОПЛАВНІ КАНАЛИ	48

10.1 Типи судноплавних каналів	48
10.2 Поперечні перерізи каналів	48
10.3 Трасування судноплавних каналів	50
10.4 Втрати води з каналів і їхнє живлення	50
10.5 Кріплення укосів каналів	51
Тема 11 ТИПИ СПОРУД НА СУДНОПЛАВНИХ КАНАЛАХ	53
11.1 Споруди на судноплавних каналах	53
11.2 Насосні станції	53
11.3 Споруди в місцях перетинання з водотоками й дорогами	53
11.4 Водоскиди й водоспуски	54
11.5 Запобіжні загородження	55
Тема 12 РІЧКОВІ ПОРТИ	56
12.1 Загальні положення	56
12.2 Типи річкових портів	56
12.3 Вимоги, що ставляться до порту	57
12.4 Порти на каналах, водоймищах і озерах	58
Тема 13 ПОРТОВІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ	60
13.1 Загальні положення	60
13.2 Причальні споруди	60
13.3 Огороджувальні споруди	63
13.4 Способи ремонту суден	63
Додаток 1. Завдання для самостійної роботи	65
Додаток 2. Теми практичних занять	66
Додаток 3. Приклади задач до контрольних тестувань	66
Додаток 4. Індивідуальне навчально-дослідне завдання	67
Додаток 5. Розподіл балів, що присвоюються здобувачеві	67
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	68

Навчальне видання

ПАЛЬЧЕНКО Олег Леонідович

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЧКОВОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Навчально-методичний посібник

для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» другого (магістерського) рівня

Відповідальний за випуск О.В.Самородов

Видання перероблене та доповнене

Роботу до видання рекомендував О.І. Савченко

За редакцією автора

План 2022 р., поз. 34.22

Підп. до друку 02.11.2022. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум.-друк. арк. 3,5

Тираж 50 прим. Зам. № 7114. Безкоштовно.

ХНУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40
Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного
університету будівництва та архітектури