

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
природокористування
Кафедра гідротехнічного будівництва та гідравліки

01-04-69M

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних завдань
та самостійної роботи з навчальної дисципліни

«Спеціальні гідротехнічні споруди»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне
будівництво», «Водна інженерія та водні технології» та
«Гідроінформатика»
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»
всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІВГП
протокол № 11 від 29.06.2023 р.

Методичні вказівки до виконання практичних завдань та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво», «Водна інженерія та водні технології» та «Гідроінформатика» спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології [Електронне видання] / Хлапук М. М., Шинкарук Л. А., Волк Л. Р. – Рівне : НУВГП. 2023. – 25 с.

Укладач: Хлапук М. М. - д.т.н., професор кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки; Шинкарук Л. А. - к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки; Волк Л. Р. – к.т.н., доцент кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки, доцент.

Відповідальний за випуск – Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки.

Керівники освітньо-професійної програми: Шинкарук Л. А., Турченко В. О., Клімов С. В.

Зміст

Зміст.....	2
Вступ.....	3
Анотація	3
Abstract	4
1. Програма навчальної дисципліни.....	4
1.2. Теми практичних занять (30 год.)	7
1.3. Самостійної робота.....	7
1.4. Методи контролю	8
2. Практичні завдання	10
2.1. Аналіз природних умов, вибір створу і компоновки гідровузлу.....	10
2.2. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Гідравлічний розрахунок водозабірної споруди.....	12
2.3. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Розрахунок промивних галерей.....	22
Рекомендована література	24

© М. М. Хлапук, Л.А. Шинкарук,
Л. Р. Волк, 2023
© НУВГП, 2023

Вступ

Навчальна дисципліна «Спеціальні гідротехнічні споруди» розроблена для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Водна інженерія та водні технології», спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». Метою викладання дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» є забезпечення у студентів (майбутніх бакалаврів) знань та умінь з розрахунків спеціальних гідротехнічних споруди, необхідних для успішного виконання у майбутньому функціональних обов'язків на всіх посадах і в усіх підрозділах водного господарства.

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» є оволодіння студентами основними поняттями, конструкцією та розрахунками спеціальних гідротехнічних споруд тощо. Студенти повинні отримати теоретичну та практичну підготовку з дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди».

За навчальними планами освітньо-професійних програм «Гідротехнічне будівництво», «Водна інженерія та водні технології» та «Гідроінформатика» дисципліна представлена лекційним курсом, практичними заняттями та самостійною роботою. Кількість кредитів ECTS – 5,0, загальний обсяг годин дисципліни складає 150 год.

Анотація

Інженери-гідротехніки можуть проектувати, будувати, експлуатувати та досліджувати різноманітні споруди, робота яких пов'язана з використанням водних ресурсів. До цих гідротехнічних об'єктів відносять також бокові і фронтальні безгребельні водозабори, бокові і фронтальні гребельні, донні решітчасті водозабори, лісопропускні споруди, рибопропускні споруди та рибозахисні споруди тощо.

Навчальна дисципліна «Спеціальні гідротехнічні споруди» є одною з основних дисциплін, які формують магістрів за спеціалізацією «Гідротехнічне будівництво», спроможним вирішувати вищезазначені завдання.

Дисципліна «Спеціальні гідротехнічні споруди» має міждисциплінарний характер, який передбачає використання сучасних технологій навчання в поєднанні дисциплін фахової підготовки з дисциплінами гуманітарного циклу.

Ключові слова: водозабірні споруди, безгребельні водозабори, гребельні водозабори та донні решітчасті водозабори, відстійники, лісопропускні споруди, рибопропускні споруди, рибозахисні споруди.

Abstract

Hydraulic engineers can design, construct, operate and explore various facilities whose work relates to the use of water resources. These hydrotechnical objects include lateral and frontal creeping water intakes, lateral and front rowing, bottom lattice intakes, tran-shipment structures, fish-breeding structures and fish-protective structures, and others like that.

The academic discipline "Special Hydraulic Structures" is one of the main disciplines that form the masters in the specialization "Hydrotechnical building", able to solve the above-mentioned tasks.

The discipline "Special Hydraulic Structures" has an interdisciplinary character, which involves the use of modern training technologies in a combination of disciplines of professional training with disciplines of the humanitarian cycle.

Key words: water intake structure, river intake structure, dam intake structure, bottom intake structure, sediment basin, log passages, fish-passing facilities, fish-protection structures.

1. Програма навчальної дисципліни

1.1. Перелік і короткий зміст змістових модулів та тем лекцій

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

БЕЗГРЕБЕЛЬНІ ТА ГРЕБЕЛЬНІ ВОДОЗАБОРИ

ТЕМА 1. Загальні відомості про водозабірні споруди (2/1 год лекцій; 3/2 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

- 1.1 Призначення і класифікація водозабірних споруд.
- 1.2 Вибір місця розташування водозабірної споруди.
- 1.3 Вибір типу водозабірної споруди, склад споруди і компоновка споруди.

ТЕМА 2. Бокові безгребельні водозабори, склад споруди і компоновка гідровузла (2/1 год лекцій; 3/2 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

- 2.1 Типи безгребельних водозабірних споруд.
- 2.2 Безгребельні водозабори без головної споруди та із головною спорудою, із підвідним каналом.
- 2.3 Споруди водозабірної споруди безгребельного водозабору.

ТЕМА 3. Фронтальні безгребельні водозабори, склад споруд і компоновка гідровузла (2/0 год лекцій; 3/2 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

3.1 Водозабір без головної споруди із шпорою; із боковою головною спорудою, шпорою, донним порогом і скидним отвором; із боковою головною спорудою, шпорою, скидним і промивним отворами; із боковою головною спорудою, шпорою, скидним отвором і напрямними системами Потапова; із фронтальною головною спорудою, шпорою, промивним отвором і дамбою; із фронтальною головною спорудою, шпорою, промивним отвором і донним порогом.

3.2 Конструкція головної споруди і розрахунок ширини отворів.

ТЕМА 4. Бокові гребельні водозабори із фронтальним та боковим промивом наносів (2/0 год лекцій; 3/2 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

4.1 Водозабір з глухим порогом; із горизонтальним помостом; із решітчастими водоприймальними отворами, які розташовані в оголовках биків і стоянів.

4.2 Водозабір з боковими донними галереями; із гравієловкою; із промивною галереєю.

ТЕМА 5. Фронтальні гребельні водозабори з фронтальним та боковим промивом наносів (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

5.1 Лотоків водозабір.

5.2 Водозабір із карманом (індійський); із криволінійними водовідвідними лотками і донними промивними галереями (тип Ельсдена).

5.3 Водозабір з штучним криволінійним підвідним руслом (ферганський тип); із скісним розташуванням криволінійної греблі в плані; двосторонній з бічними наносоперехоплюючими галереями системи проф. М.Ф.Данелія; із карманом-відстійником системи проф. В.А.Шаумяна.

ТЕМА 6. Донні решітчасті водозабори (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

6.1 Водозабір з промивною камерою; із щитовими отворами на водозливному фронті.

6.2 Гідралічний розрахунок решітки.

6.3 Гідралічний розрахунок галереї.

- 6.4 Заходи боротьби з шугою, сміттям і плаваючими предметами.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

ВІДСТІЙНИКИ, ЛІСОПРОПУСКНІ ТА РИБОПРОПУСКНІ СПОРУДИ

ТЕМА 7. Загальні відомості про відстійники (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/14 год самостійна робота).

- 7.1 Класифікація відстійників.
- 7.2 Призначення відстійників.
- 7.3 Основні фактори, що визначають осідання наносів у відстійнику.
- 7.4 Схеми компоновки гідровузла при відстійниках з періодичним промиванням наносів.

ТЕМА 8. Відстійники з періодичним та безперервним промиванням наносів (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/12 год самостійна робота).

- 8.1 Схеми багатоканального відстійника.
- 8.2 Визначення числа камер та основних розмірів відстійника.
- 8.3 Розрахунок відстійника на замулення.
- 8.4 Промивка камери відстійника.
- 8.5 Ув'язка горизонтів води.

ТЕМА 9. Відстійники з безперервним промиванням наносів (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/12 год самостійна робота).

- 9.1 Особливості відстійників.
- 9.2 Відстійник з ребристим дном і поздовжніми пульповодами системи професора Є.О. Замаріна.
- 9.3 Визначення основних параметрів відстійника та основних показників режиму наносів.
- 9.4 Розрахунок промивного пристрою.
- 9.5 Ув'язка горизонтів води. Конічний відстійник.
- 9.6 Криволінійний відстійник (пісколовка) з безперервним промиванням наносів, розроблений І.К.Нікітіним.
- 9.7 Схеми головних ділянок зрошувальних систем при безребельному водозаборі.
- 9.8 Відстійник з гідромеханічною очисткою пересувним сифоном конструкції Ф.С. Салахова.

ТЕМА 10. Лісопропускні, рибопропускні та рибозахисні споруди (2/0 год лекцій; 3/1 год практичні; 10/12 год самостійна робота).

- 10.1 Призначення лісопропускних споруд.

- 10.2 Колодоспуски, їх типи та гідравлічний розрахунок.
- 10.3 Плотоходи, їх схеми та основні параметри.
- 10.4 Лісосплав та його види.
- 10.5 Вплив гідровузлів на рибне господарство.
- 10.6 Рибоходи та їх призначення.
- 10.7 Лоткові рибоходи з неповними поперечними перегородками.
- 10.8 Ставкові рибоходи.
- 10.9 Східчасті рибоходи.

1.2. Теми практичних занять (30 год.)

Тема 1. Аналіз природних умов, вибір створу і компоновки гідровузлу (4 год)

Тема 2. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Гідравлічний розрахунок водозабірної споруди (4 год)

Тема 3. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Розрахунок промивних галерей (2 год)

Тема 4. Гідравлічний розрахунок магістрального каналу (2 год)

Тема 5. Гірсько-решітчастий водозабір. Гідравлічний розрахунок (2 год)

Тема 6. Відстійник із періодичним промиванням наносів. Конструювання (2 год)

Тема 7. Розрахунок відстійника на замулення (2 год)

Тема 8. Розрахунок промивання відстійника (2 год)

Тема 9. Гідравлічний розрахунок комбінованої водозливної греблі (2 год)

Тема 10. Розрахунок спряження б'єфів за водоскидними спорудами (2 год)

Тема 11. Статичний розрахунок водозливної греблі (2 год)

Тема 12. Підбір армування бетонних споруд (2 год)

1.3. Самостійної робота

Розподіл 100 годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

40 годин – вивчення літератури по курсу і розробка лекційних конспектів;

24 години – підготовка до контрольних заходів;

36 годин – виконання курсового проекту.

Завдання для самостійної роботи – 100 годин

1. Переваги та недоліки різних типів водозаборів (10 год)
2. Заходи по боротьбі із шугою, сміттям і плаваючими предметами на водозабірних гідровузлах (10 год)
3. Види впливу наносів на гідротехнічні споруди (10 год)
4. Освітлення води у відстійниках. Процес випадання наносів та фактори, що на нього впливають (10 год)
5. Сучасні конструкції рибопропускних та рибо підйомних споруд (8 год)
6. Виконання курсового проекту (36 год)
7. Підготовка до аудиторних занять (8 год)
8. Підготовка до тестів (8 год)

1.4. Методи контролю

Методи оцінювання знань базується на проведенні контролю роботи студентів та оцінюванні ступеня засвоєння вивченого матеріалу.

Поточний контроль знань студентів здійснюється під час лекційних та практичних занять таким чином:

- усне опитування студентів під час лекцій та практичних занять;
- перевірка та захист виконаних індивідуальних завдань;
- складання модульного контролю.

Ступінь засвоєння студентами вивченого матеріалу оцінюється шляхом тестування з використанням технічних засобів. Поточний контроль знань студентів (змістові модулі 1, 2) та підсумковий контроль знань (екзамен) проводяться у Центрі незалежного оцінювання знань НУВГП. Знання за першим змістовим модулем оцінюються у 20 балів, за другим – у 20 балів, а підсумковий контроль знань (екзамен) – 40 балів.

У випадку отримання студентом менше 60 балів за виконання практичних занять та поточного контролю знань (змістові модулі 1, 2), або не проходження хоча б одного змістового модуля, він повинен скласти підсумковий контроль знань (екзамен).

У випадку отримання студентом 60, або більше балів, за виконання практичних робіт та повного проходження поточного контролю знань (змістові модулі 1, 2), він може не скласти підсумковий контроль знань (екзамен). При бажанні отримати більшу кількість балів студент

може складати екзамен (лише один раз), але при цьому результати поточного контролю знань (змістові модулі 1, 2) анулюються. У цьому випадку, результуючою оцінкою знань студента буде отримана більша сумарна оцінка: або як сума балів за виконання практичних робіт та поточного контролю знань (змістові модулі 1, 2); або як сума балів за виконання практичних робіт та підсумкового контролю знань (екзамен). Таким чином, максимальна оцінка знань з навчальної дисципліни становить 100 балів.

Структуру оцінки поточного (змістові модулі 1, 2) та підсумкового (екзамен) контролів знань за трьома рівнями (1 – достатній рівень складності, 2 – вище достатнього рівня складності, 3 – високий рівень складності) показано в таблиці.

Розподіл балів, що отримують студенти

Модуль										КП	МК1	МК2	Сума	
Поточне тестування														
	Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10				
Всього	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	40	20	20	100
у т.ч. теоретич.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
практик.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	20													

Нормативні документи, що регламентують проведення поточного та підсумкового контролів знань і надають студентам можливість подавати апеляції:

- Положення про навчально-науковий центр незалежного оцінювання Національного університету водного господарства та природокористування, <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/4184>;
- Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти, <https://nuwm.edu.ua/university/naukovo-metodichna-rada/dokumenty>

Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти (семестровий поточний контроль) зі змінами та доповненнями, <https://nuwm.edu.ua/university/naukovo-metodichna-rada/dokumenty>;

60-79% – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80-90% – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

2. Практичні завдання

2.1. Аналіз природних умов, вибір створу і компоновки гідровузлу

Водозабірні споруди влаштовуються з метою забору води з джерела живлення і подачі її в канал або водоводи для транспортування в зрошувальну, обводнювальну, гідросилову та інші системи. Оскільки ці споруди розташовуються в голові водогосподарської системи, то інколи вони називаються головними.

Головні споруди, що влаштовуються для забору води з річки, повинні відповідати таким вимогам:

- 1) забезпечувати безперервний забір води у водогосподарську систему згідно з графіком споживання;
- 2) захищати канали від надходження в них донних наносів, шуги, льоду і плавника;
- 3) мати прості і економічні конструкції;
- 4) бути зручними в експлуатації і для автоматизації;
- 5) мати стійкі і надійні водомірні властивості.

Головні споруди проектуються, як правило, сумісно з іншими гідротехнічними спорудами і загальний комплекс цих споруд називається водозабірним вузлом.

Для боротьби з наносами у водозаборах широко використовуються особливості гідравлічної структури потоку: поперечну циркуляцію, гвинтовий рух і явище обтікання потоком перешкод.

Основне призначення відстійників це попередити гідротурбіни дериваційних гідроелектростанцій від стирання зваженими у воді крупними фракціями наносів, а у зрошувальних системах попередити замулення магістральних та розподільчих каналів.

Відстійник – це гідротехнічна споруда призначена для затримування зважених або завислих наносів з розрахунковим і більшим діаметром наносів. Розрахунковий діаметр наносів залежить від мети, яку ставить водоспоживач, так для гідроенергетики необхідно забезпечити осідання наносів діаметром більше 1,00 мм, а для цілей зрошення більше 0,25 мм.

Відстійник влаштовують безпосередньо за водозабором або на каналі. За конструкцією вони представляють собою розширений і

заглиблений басейн із бетону чи залізобетону з верховою і низовою головою на яких розміщуються затвори. В нижній голові відстійника в нижньому ярусі влаштовуються наносовідвідні галереї, які об'єднуються в колектор – збірну наносовідвідну галерею.

У відстійниках з періодичною промивкою видалення наносів з камер відстійника відбувається через 12, 24, 36 або 48 годин. Час промивки становить 20...25 хвилин.

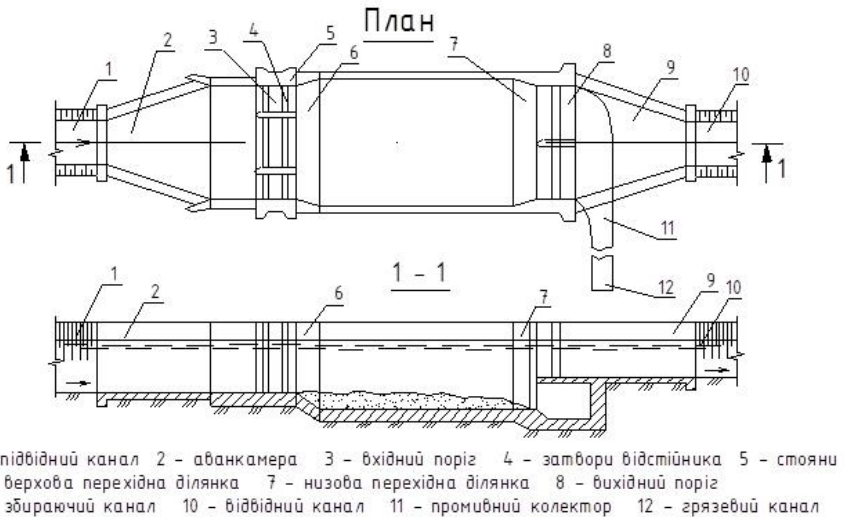


Рис. 1. Схема однокамерного відстійника з періодичним промивом наносів

Приклад 1. Побудова допоміжної кривої механічного складу наносів

Гідромеханічна лабораторія подає гранулометричний склад наносів виражений у крупній фракції. Для розрахунку замулення необхідно мати наноси виражені в наступні фракції (при $d_p = 0,25$ мм: $> 0,5$ мм; $0,5 \dots 0,35$ мм; $0,35 \dots 0,25$ мм; $0,25 \dots 0,15$ мм; $0,15 \dots 0,1$ мм; $< 0,1$ мм), для цього будують криву механічного складу наносів у відсотках для кожної фракції наносів, при цьому визначаємо для кожної фракції вагову (ρ_i) і об'ємну (μ_i) мутність для кожної фракції.

Вагова мутність (ρ_i) – кількість наносів виражених у вагових одиницях в одиниці об'єму води і визначається за формулою:

$$\rho_i = \frac{P_i(\%) \cdot \rho_0}{100},$$

де $P_i(\%)$ – відсотковий вміст даної фракції в загальній кількості наносів;

ρ_0 – загальна вагова мутність потоку (вихідні дані).

Об'ємна мутність (μ_i) – кількість наносів в об'ємних одиницях в одиниці об'єму води і визначається за формулою:

$$\mu_i = \frac{\rho_i}{\gamma_H},$$

де ρ_i – вагова мутність потоку;

γ_H - об'ємна вага наносів, $\gamma_H = (1,0 \dots 1,3)$ т/м³.

Гідравлічна крупність (W) – це швидкість осідання наносів в стоячій воді. Визначається за табл. В.М. Гончарові для води при $t=15^\circ\text{C}$.

Розрахунок кривої механічного складу ведуть в таблиці 1.

Таблиця 1.

Діаметр наносів, мм	Вміст наносів, %	Мутність потоку		Гідравлічна крупність, см/с
		вагова	об'ємна	
> 0,5				
0,5-0,35				
0,35-0,25				
0,25-0,15				
0,15-0,10				
<0,1				

На основі таблиці 1. будуємо криву механічного складу наносів.

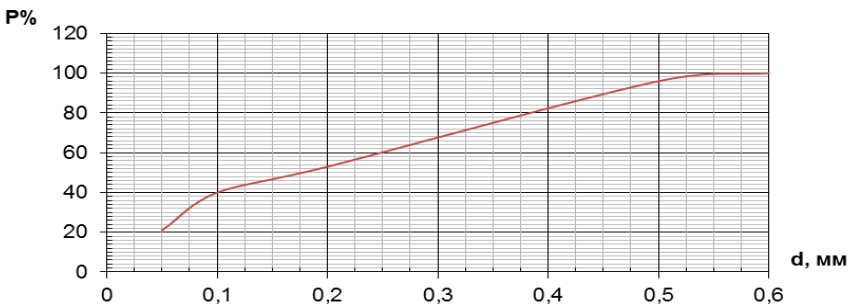


Рис. 2. Крива механічного складу наносів

2.2. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Гідравлічний розрахунок водозабірної споруди

1. Боковий водозабір з глухим порогом

Поверхневий шар води надходить крізь отвори головної споруди в магістральний канал. Донні наноси швидко накопичуються перед порогом. Недолік водозабору:

1. необхідно часто промивати наноси;
2. при промиванні наносів відбувається мучення води, що потребує припинення забору її у магістральний канал

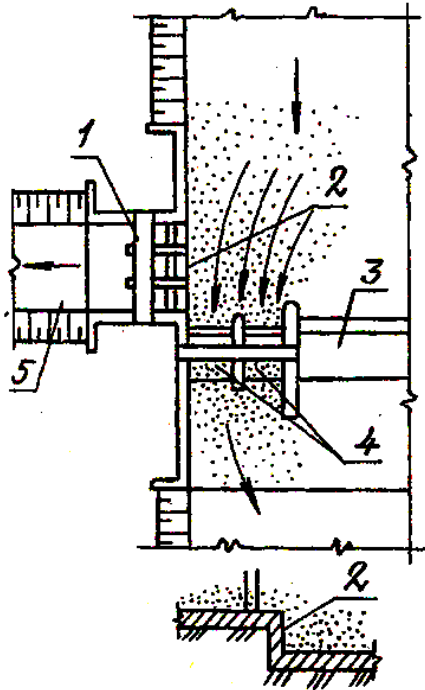


Рис. 3. Боковий водозабір з глухим порогом:

- 1 – головна споруда; 2 – вхідний поріг; 3 – бетонна гребля; 4 – промивні отвори; 5 – магістральний канал

2. Боковий водозабір з горизонтальним помостом

О.В.Троїцький запропонував влаштувати на відмітці порогу горизонтальний поміст за допомогою якого потік розділяється на поверхневу і донну течії. Поверхневий шар води надходить крізь отвори головної споруди в магістральний канал а донний шар води разом з наносами безперервно скидається нижній б'єф.

Недолік водозабору: горизонтальний поміст сприяє мученню води і надходженню частини донних наносів в магістральний канал

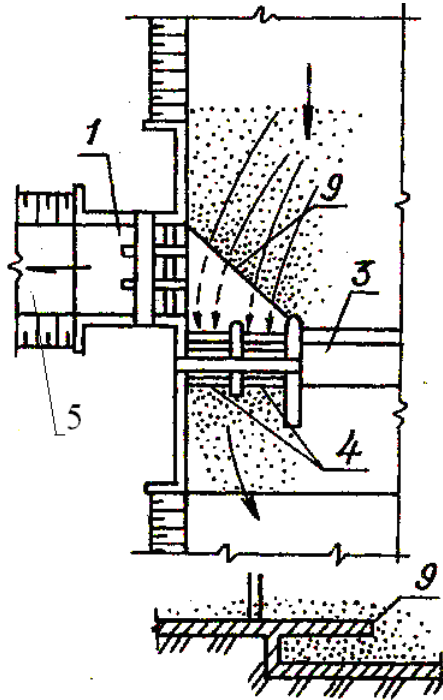


Рис. 4. Боковий водозабір з горизонтальним помостом:
 1 – головна споруда; 3 – бетонна гребля; 4 – промивні отвори; 5 –
 магістральний канал 9 – горизонтальний поміст

3. Боковий водозабір з решітчастими водоприймальними отворами, які розташовані в оголовках биків і стоянів

Запропонував В.Г.Айвазян при заборі невеликих витрат води. Водозабір передбачає прийом води з верхніх шарів потоку. Донні наноси скидаються в НБ крізь промивні отвори греблі. Рекоменується для гірських річок з великою кількістю донних наносів. Побудований на передгірській ділянці річки Мзимта і забезпечує роботу Краснополянської ГЕС

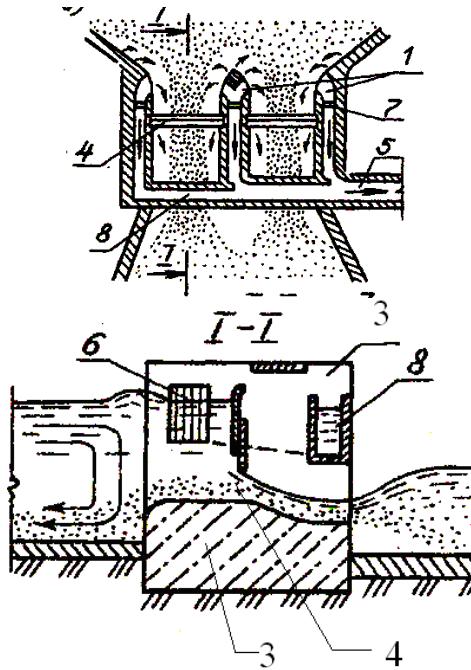


Рис. 5. Боковий водозабір з решітчастими водоприймальними отворами, які розташовані в оголовках биків і стоянів: 1 – головна споруда; 3 – бетонна гребля; 4 – промивні отвори; 5 – магістральний канал; 6 – решітки; 7 – затвори водоводів; 8 – акведук

4. Боковий водозабір з боковими донними галереями

Принцип роботи такого водозабору ґрунтується на заборі верхніх освітлених шарів потоку і пропуском транзитом донних наносів крізь промивні галереї. Внаслідок взаємодії потоку з перешкодою (затвором греблі) зворотні донні токи відносять наноси від неї. Тому під прогоном головної споруди, який розташований біля греблі, галерея не влаштовується. Донні галереї розраховуються за формулою

$$Q_2 = \mu b_2 h_2 \sqrt{2gz_0}, \text{ де } b_2 \text{ і } h_2 \text{ – ширина і висота галереї}$$

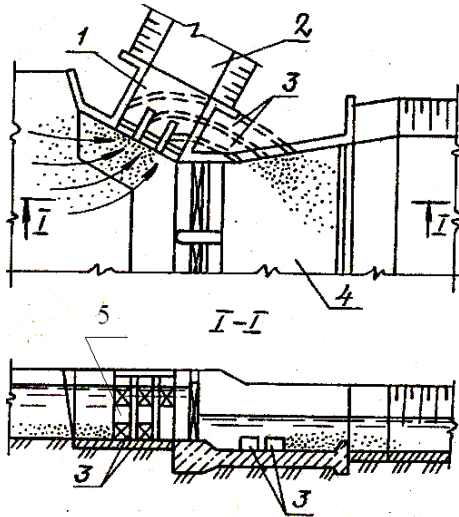


Рис. 6. Боковий водозабір з боковими донними галереями
 1 – головна споруда; 2 – магістральний канал 3 – донні (промивні)
 галереї; 4 - бетонна гребля; 5 – вхідний поріг

5. Боковий водозабір з гравієловкою

Водозабір має прямолінійний вхідний поріг 5 і криволінійний поріг 7 в кінці гравієловки. Донні наноси, що затримуються перед вхідним порогом, періодично промиваються крізь отвори греблі, а наноси, які надходять у гравієловку, змиваються в промивник 10.

Недолік. Під час експлуатації можливі завали наносами аванкамери.

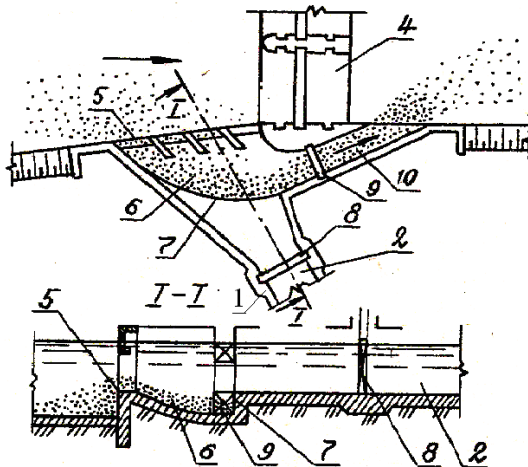


Рис. 7. Боковий водозабір з гравієловкою:

1 – головна споруда; 2 – магістральний канал; 4 - бетонна гребля; 5 – вхідний поріг; 6 – аванкамера гравієловки; 7 – поріг аванкамери; 8 – затвор головної споруди; 9 – затвор промивника; 10 – промивник

6. Боковий водозабір з промивною галереєю

Запропонований І.Т.Колесниковим.

В порозі головної споруди влаштовується галерея 2 конусоподібної форми з щільним отвором внизу для входу в неї нижніх шарів води, які вміщують найбільшу кількість наносів. Внаслідок складання двох швидкостей – поступальної швидкості вздовж галереї і швидкості бокового входу в галерею крізь щілину, в галереї виникає поперечна циркуляція, яка значно збільшує транспортуючу спроможність потоку.

В галерею надходить 50% наносів, які переміщуються в річці. Промивна витрата галереї складає 5%.

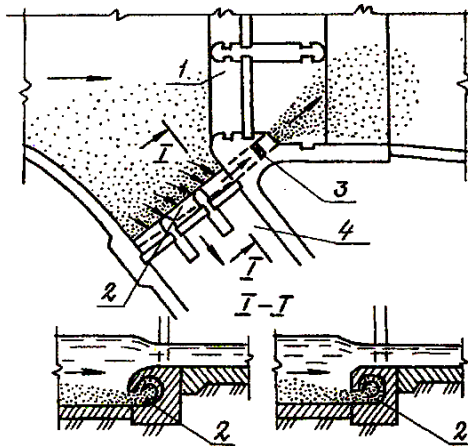


Рис. 8. Боковий водозабір з промивною галереєю

1 – гребля; 2 – конусоподібна галерея з щільним входом; 3 – затвор промивної галереї; 4 – головна споруда

7. Фронтальні гребельні водозабори з фронтальним промиванням наносів крізь отвори греблі

- Лотковий водозабір

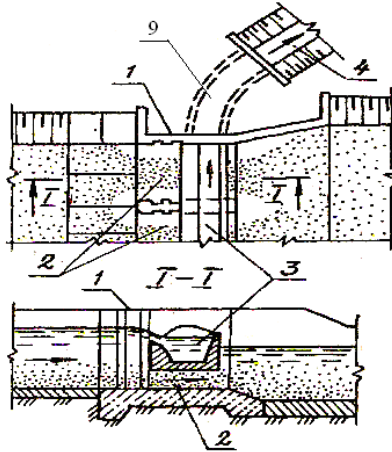


Рис. 9. Лотковий водозабір

1 – гребля; 2 – промивні отвори; 3 – залізобетонний лотік; 4 – магістральний канал; 9 – трубопровід

Лотковий водозабір базується на використанні явища обтікання потоком перешкоди. Верхні чисті шари води надходять у лотік і далі крізь трубу у магістральний канал. Нижні шари води, насичені наносами, крізь промивні отвори надходять у НБ.

- Водозабір з карманом (індійський)

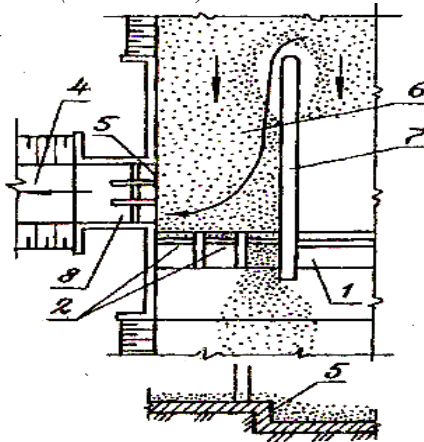


Рис. 10. Водозабір з карманом (індійський)

1 – гребля; 2 – промивні отвори; 4 – магістральний канал; 5 – вхідний поріг; 6 – карман; 7 – роздільна стінка; 8 – головний регулятор

Роздільна стінка забезпечує фронтальний вхід води в карман. При питомих витратах в річці більших ніж в кармані наноси віджимаються від входу в карман і затягуються в прогони греблі.

Недолік: мучення потоку при промиванні карману і попадання наносів в магістральний канал

Приклад 2. Гідравлічний розрахунок бокового водозабору з наносоперехоплюючими галереями

Річковий гребельний водозабір до свого складу включає:

- водозабірну греблю (водозабірний шлюз або водоприймач);
- водопідйомну греблю (земляну глуху);
- магістральний канал;
- відстійники;
- комбіновану (щитову і автоматичну) водозливну греблю.

Інколи безпосередньо за водоприймачем влаштовується споруда, яка називається вузол регуляторів, який розподіляє воду на другорядні канали.

В бокових водозаборах головну споруду розташовано, як правило, на березі річки поруч з греблею або в кінці криволінійного каналу, який влаштовано в обхід греблі. Наноси вилучають через прогони греблі, берегові донні промивники або пристрої в межах криволінійного підвідного каналу. Принцип роботи такого водозабору ґрунтується на заборі верхніх освітлених шарів потоку і пропуску транзитом донних наносів крізь промивні галереї.

Водоприймач бокового водозабору влаштовується у вигляді водозливу з широким порогом. В його нижньому ярусі розташовані донні промивні галереї.

Схема для гідравлічного розрахунку водоприймача показана на рис. 11.

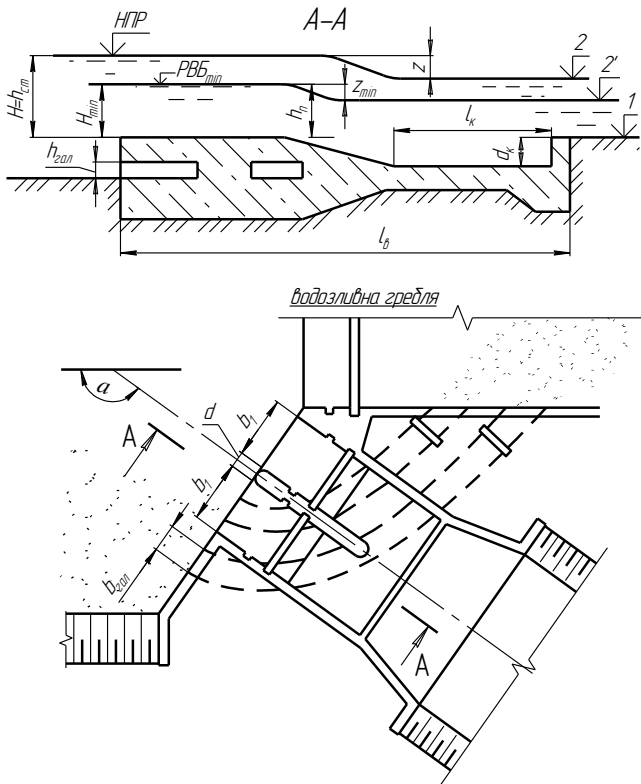


Рис. 11. Схема до гідралічного розрахунку бокового водозабору з донними промивними галереями

Призначаємо напір води $h_{ст}$ на порозі водозабору при відомій відмітці НПР, погоджуючи його зі стандартним значенням висоти потоку. Попередньо $h_{ст}$ вибираємо орієнтовно в залежності від величини Q_{IV-IX} .

Визначаємо відмітку порогу за формулою:

$$\downarrow 1 = \downarrow НПР - h_{ст}$$

Приймаємо різницю рівнів Z , яка необхідна для забезпечення забору води Q_{IV-IX} і попередньо приймаємо $Z = 0,25 \dots 0,35$ м, тоді глибина води на порозі водозабору буде рівною:

$$h_{п} = h_{ст} - Z$$

Водозабірний прогін працює як водозлив з широким порогом.

Визначаємо ширину водозабірнього прогону попередньо визначивши критерій підтопленості за формулою:

$$\Pi_1 = \frac{h_{II}}{H_0}$$

$$\partial e_{-H_0} = H + \frac{\alpha V^2}{2g} \cong H$$

Оскільки $\Pi_1 = 0,85$, то вважаємо що водозлив працює в підтопленому режимі тоді використовуємо формулу:

$$Q_{IV-IX} = \delta \cdot \varepsilon \cdot \varphi \cdot b \cdot h_{II} \cdot \sqrt{2g \cdot (H_0 - h_{II})},$$

де δ – коефіцієнт, який враховує втрати напору на боковий відвід і залежить від кута відводу води α . Для бокового водозабору ($\alpha = 120^\circ$) значення $\delta = 0,93$;

ε – коефіцієнт бокового стиснення, який попередньо приймається 0,9...0,95, а потім перевіряється за формулою Е.А. Замарина, приймаємо $\varepsilon = 0,95$;

φ – коефіцієнт швидкості.

Значення φ приймаємо виходячи із того, що у водоприймачі прямокутний гладкий поріг, тому $\varphi = 0,84$. Тоді:

$$b = \frac{Q_{IV-IX}}{\delta \cdot \varepsilon \cdot \varphi \cdot h_{II} \cdot \sqrt{2g \cdot (H_0 - h_{II})}}$$

Одержана повна ширина водозабірних прогонів розбиваємо на окремі прогони стандартної ширини. Ширину прогону приймаємо, узгодивши з стандартними ширинами, найближчу більшу. Із умов експлуатації бажано приймати непарне число прогонів, щоб уникнути збійних течій. Уточнюємо коефіцієнт стиснення за формулою:

$$\varepsilon = 1 - a \cdot \frac{H}{H + b_{cm}}$$

де a – коефіцієнт, що для оголовка проміжного бика напівциркульної форми рівний $a = 0,11$.

Перевіряємо пропускну спроможність водозабірної споруди за формулою, підставивши стандартні розміри прогонів і уточнене значення ε .

Різниця між отриманою і необхідною пропускними спроможностями становить:

$$\Delta = \frac{Q'_{IV-IX} - Q_{IV-IX}}{Q_{IV-IX}} \cdot 100\%.$$

Оскільки різниця між отриманою і необхідною пропускними

спроможностями водоприймача менша 5%, тому перерахунок здійснювати не потрібно.

Таким чином повна ширина входу з урахуванням ширини биків рівна:

$$B = n_{\text{ПРОГ}} \cdot b_{\text{СТ}} + (n_{\text{ПРОГ}} - 1) \cdot d_{\text{Б}}$$

де $d_{\text{Б}}$ – товщина бика, що визначається за формулою:

Відмітка рівня води у ВБ в осінньо-зимовий період при заборі витрат $Q_{\text{Х-III}}$ дорівнює

$$\downarrow P_{\text{ВББ}}_{\text{min}} = \downarrow 1 + H_{\text{min}}$$

2.3. Боковий та фронтальний водозабори із донними промивними галереями. Розрахунок промивних галерей

Приклад 3. Гідралічний розрахунок донних промивних галерей

Донні промивні галереї розраховуються як трубчасті споруди за формулою:

$$Q_{\text{ГАЛ}} = \mu \cdot b_{\text{ГАЛ}} \cdot h_{\text{ГАЛ}} \sqrt{2 \cdot g \cdot Z_0},$$

де μ – коефіцієнт витрати, що визначається нижче;

$b_{\text{ГАЛ}}$ – ширина промивної галереї;

$h_{\text{ГАЛ}}$ – довжина промивної галереї;

Z_0 – різниця рівнів води ВБ і НБ з врахуванням швидкості підходу, що визначається за формулою:

Розміри галерей визначаються із двох умов:

1. $b_{\text{ГАЛ}}, h_{\text{ГАЛ}} \geq 2 \cdot d_{\text{max}}$, де d_{max} – максимальний розмір каменю приведенного до шару.
2. $b_{\text{ГАЛ}}, h_{\text{ГАЛ}} \geq 1\text{м}$.

Приймаємо такі габаритні розміри наносоперехоплюючої галереї.

Визначаємо коефіцієнт витрати за формулою:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{\text{вх}} + \lambda_{\text{R}} \cdot \frac{l_{\text{ГАЛ}}}{R}}},$$

де $\zeta_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході в галерею, , приймаємо $\zeta_{\text{вх}} = 0,6$;

λ_{R} – коефіцієнт опору по довжині, значення якого визначається за формулою:

$$\lambda_R = 0,003 + \frac{1}{16 \cdot (2 \cdot \lg \frac{2 \cdot R}{d_{CP}} + 1,74)^2},$$

d_{CP} – приймається в межах (0,08...0,10) м

$l_{ГАЛ}$ – довжина наносперехоплюючої галереї, що визначається з плану і рівна 30 м;

R – гідравлічний радіус, що визначається за формулою:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{b_{ГАЛ} \cdot h_{ГАЛ}}{2 \cdot (b_{ГАЛ} + h_{ГАЛ})}.$$

Різниця рівнів води ВБ і НБ з врахуванням швидкості підходу, що визначається за формулою:

$$Z_0 = \downarrow \Phi ПР - \downarrow РВНБ_{МАХ} + \frac{\alpha V^2}{2 \cdot g},$$

де $\downarrow РВНБ_{МАХ}$ – рівень води в НБ при $Q = Q_{1\%}$

$\downarrow \Phi ПР$ – форсований підпірний рівень, що дорівнює значенню:

$$\downarrow \Phi ПР = \downarrow НПР + (0,3...0,5);$$

V – швидкість води у ВБ (з огляду на її малість нею можна знехтувати)

Число галерей визначається із таких умов:

$$N_{ГАЛ} \geq 2;$$

$$N_{ГАЛ} = N_{ПРОГОНІВ} \text{ (практика)};$$

$$Q_{ГАЛ} = (0,2...0,25) Q_{IV-IX};$$

$$\sum Q_{ГАЛ} = (0,5...1,0) Q_{IV-IX}.$$

Визначаємо дійсну швидкість руху води в галереї за формулою:

$$V_{ГАЛ} = \frac{Q_{ГАЛ}}{b_{ГАЛ} \cdot h_{ГАЛ}}.$$

Перевіряємо чи отримана швидкість задовольняє умови руху води в галереї.

Оскільки усі умови виконуються, то геометричні розміри промивних галерей підібрані правильно.

Рекомендована література

1. 01-04-21S Волк Л. Р. (2023) Силабус навчальної дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво», «Водна інженерія та водні технології», «Гідроінформатика», спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/25579/>
2. Хлапук М. М., Шинкарук Л. А., Дем'янюк А. В., Дмитрієва О. А. Гідротехнічні споруди : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2013. 241 с.
3. Гідротехнічні споруди / А. Ф. Дмитрієв, М. М. Хлапук, В. Д. Шумінський та ін. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 328 с.
4. Гідротехнічні водозабірні споруди : навчальний посібник / С. В. Величко, О. В. Дупляк, Л. Р. Волк та ін. К., 2023. 256 с.
5. 01-04-57 Дем'янюк А. В., Ніколайчук, О. М. Безусяк, О. В., Поташник С. І. (2019) Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проєктів «Річковий водозабірний вузол. Частина 1. Водозабірні та водоскидні споруди» з навчальної дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за усіма освітньо-професійними програмами спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної, заочної та дистанційної форм навчання. [Методичне забезпечення]. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/16388/>
6. 01-04-58 Дем'янюк, А. В. and Ніколайчук, О. М. and Безусяк, О. В. and Поташник, С. І. (2019) Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проєктів «Річковий водозабірний вузол. Частина 2. Відстійники» з дисципліни «Спеціальні гідротехнічні споруди» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за усіма освітньо-професійними програмами спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної, заочної та дистанційної форм навчання. [Методичне забезпечення]. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/16389/>
7. Зима Т. І., Хлапук М. М. Гідротехнічні споруди : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 211 с.
8. Ляпичев Ю. П. Гидротехнические сооружения : учебное

- пособие. М. : РУДН, 2008. 302 с.
9. Богославчик П. М., Круглов Г. Г. Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений : учебное пособие. Минск : Вышэйшая школа, 2018. 367 с.
 10. Константинов Ю. М. Инженерна гідравліка. К. : Видавничий дім "Слово", 2006. 432 с.
 11. Нестеров М. В. Гидротехнические сооружения : учебное пособие. Мн. : Новое знание, 2006. 616 с.
 12. Анисимов К. И., Великий Д. И. Методические указания к выполнению курсового проекта «Гидроузел с плотиной из грунтовых материалов». Одесса, ОГАСА, 2012. 51 с.
 13. Анисимов К.И., Великий Д.И. Методические указания к выполнению курсового проекта «Водосливная плотина на нескальном основании». Одесса, ОГАСА, 2012. 61 с.
 14. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення. Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, К., 2010. 41 с.