

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ
Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

АРХІТЕКТУРА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми
«Гідротехнічне будівництво та водна інженерія»
зі спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології

Дніпро
НТУ «ДП»
2025

Архітектура гідротехнічних споруд [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми «Гідротехнічне будівництво та водна інженерія» зі спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / уклад.: В.Г. Шаповал, О.В. Скобенко, Д.М. Вітченко, В.В. Кулівар ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 39 с.

Укладачі:

В.Г. Шаповал, д-р техн. наук, проф.;

О.В. Скобенко, канд. техн. наук, доц.;

Д.М. Вітченко, канд. архіт.;

В.В. Кулівар, PhD.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології (протокол № 1 від 29.08.2025) за поданням кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки (протокол № 1 від 29.08.2025).

Уміщено теоретичні відомості за темами лекційного курсу, варіанти практичних завдань з рекомендаціями до їх виконання, список використаної та рекомендованої літератури.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів ступеня бакалавра спеціальності «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» та закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Архітектура гідротехнічних споруд».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки С.М. Гапеев, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

	ВСТУП	4
Практична робота №1	Архітектура гідроспоруд. Компоненти	5
	1 Мета роботи	5
	2 Загальні відомості	5
	3 Завдання для виконання практичної роботи	6
Практична робота №2	Архітектурно-конструктивні рішення будівель гідротехнічних споруд насосних станцій	7
	1 Мета роботи	7
	2 Загальні відомості	7
	2.1 Компонування	7
	2.2 Конструктивні рішення каркасу	8
	2.3 Стіни та перекриття	8
	2.4 Фундаменти	8
	2.5 Інженерні системи	9
	2.6 Розробка плану та розрізу	9
	3 Завдання до виконання практичної роботи	9
	4 Приклад виконання практичної роботи	10
	4.1 Вихідні дані	10
Практична робота №3	Архітектурне рішення водозабірних споруд	13
	1 Мета роботи	13
	2 Загальні відомості	13
	2.1 Класифікація водозабірних споруд	13
	2.1.1 За джерелом водопостачання	13
	2.2.2 За конструктивним типом (Поверхневі)	14
	2.2.3 За типом водозабірної вежі	14
	2.2.4 За типом підземного водозабору	14
	2.2.5 За ступенем надійності	15
	2.2.6 Вихідні дані до практичної роботи	15
	3 Приклад виконання практичної роботи	
Практична робота №4	Розрахунок об'ємів робіт, побудова плану та поздовжніх профілів при будівництві земляної греблі	19
	1 Мета роботи	19
	2 Терміни та визначення понять	19
	3 Вибір вихідних даних	21
	4 Розрахунок об'ємів робіт з будівництва земляної греблі	22
Практична робота №5	Влаштування зуба греблі з глинистого ґрунту	29
	1 Мета роботи	29
	2 Влаштування зуба греблі з глинистого ґрунту	29
Критерії оцінювання практичних робіт		36
Перелік використаних джерел		38

ВСТУП

Структура та форма рекомендацій орієнтовані на самостійну підготовку здобувачів освіти до практичних занять та виконання їх під керівництвом викладача, що забезпечує ефективне засвоєння теоретичних положень і практичних навичок з проєктування, конструктивного вирішення та експлуатації гідротехнічних споруд.

Методичні рекомендації спрямовані на формування розуміння фізичних і гідравлічних процесів, які відбуваються у водному середовищі, ґрунтових основах та конструкціях гідротехнічних споруд, а також закономірностей взаємодії води з інженерними спорудами.

Видання передбачає виконання розрахункових і аналітичних завдань під час аудиторних занять та в процесі самостійної роботи, що сприяє набуттю професійних компетентностей у галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ТЕМА: «АРХІТЕКТУРА ГІДРОСПОРУД. КОМПОНЕНТИ»

1 Мета роботи

Формування загального уявлення про дисципліну.

2 Загальні відомості

Архітектура гідроспоруд включає функціональні компоненти, такі як греблі, ГЕС, водоскиди, шлюзи, канали, насосні станції, та елементи інженерного захисту (дамби, берегоукріплення), а також судноплавні споруди, об'єднані в єдиний об'ємно-просторовий комплекс, що вирішує завдання використання води, енергопостачання. Композиція ГТС пов'язана з ландшафтом, створюючи урбаністичні ансамблі з прилеглими селищами, монументальною скульптурою та благоустроєм.

Основні компоненти гідротехнічних споруд (ГТС):

Споруди напірного фронту: греблі (бетонні, ґрунтові), підвалини, підпірні стіни, греблі.

Споруди для керування водним потоком:

- Водоскидні, водоспускні, водовипускні споруди.
- Канали (дериваційні, судноплавні, меліоративні), тунелі, дюкери, акведуки.

Енергетичні споруди: будинки ГЕС, насосні станції, напірні басейни.

- Судноплавні споруди: шлюзи, суднопідйомники, судноплавні греблі, пірси, причали, набережні.
- Споруди захисту: Берегоукріплювальні, огорожувальні споруди, рибопропускні, протипаводкові греблі.

Допоміжні та супутні:

- Водозабори, відстійники, інженерний захист територій, будівлі та споруди для обслуговування та благоустрою (наприклад, монументальна скульптура).

Функціональна єдність: усі компоненти працюють як єдиний організм для керування водними ресурсами.

Об'ємно-просторова структура: створення складних, гармонійних обсягів та просторів, інтегрованих у природний ландшафт.

Інтеграція з оточенням: вирішення архітектурних завдань у комплексі з генеральним планом прилеглої території, включаючи селище, благоустрій та монументальне мистецтво.

Історико-культурний контекст: переробка національної архітектурної спадщини стосовно сучасного індустріального будівництва.

3 Завдання для виконання практичної роботи

Підготувати реферат, у якому систематизувати та узагальнити теоретичний матеріал з обраної теми.

Таблиця 1.1 – Теми рефератів

Варіант	Теми рефератів
1	Архітектурно-художні принципи проектування гідротехнічних споруд.
2	Формоутворення гребель та їх вплив на ландшафт.
3	Архітектура водосховищ і прибережних зон.
4	Особливості архітектурного вирішення гідроелектростанцій.
5	Взаємодія гідротехнічних споруд з природним середовищем.
6	Естетика та функціональність шлюзів і каналів.
7	Архітектурні рішення водозабірних споруд.
8	Реконструкція та реновація історичних гідротехнічних об'єктів.
9	Сучасні тенденції в архітектурі гідротехнічних споруд.
10	Архітектурні особливості гідротехнічних споруд у міському середовищі та їх роль у формуванні громадського простору.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

ТЕМА: «АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД (НАСОСНИХ СТАНЦІЙ)»

1 Мета роботи

Розробити план та поперечний розріз будівлі насосної станції.

2 Загальні відомості

Архітектурно-конструктивні рішення будівлі насосної станції (НС) включають компонування обладнання, визначення розмірів, вибір каркасу (збірний/монолітний залізобетон, метал), матеріалів стін (цегла, панелі, моноліт), перекриттів та фундаментів, а також розробку плану (розміщення насосів, трубопроводів, приміщень) та поперечного розрізу (висоти поверхів, підвалу, обладнання, комунікацій), забезпечуючи функціональність, надійність та зручність обслуговування споруди.

2.1 Компонування

- **План**

Визначає розміщення насосних агрегатів, трубопроводів (всмоктуючих, напірних), допоміжного обладнання (вентилі, фільтри), приміщень (керування, електрощитової, складу), насосно-з'єднувальних камер.

- **Поперечний розріз**

Висота будівлі, глибина підвалу (для насосів), висота обладнання (з урахуванням підйому краном), розміщення перекриттів, комунікацій, освітлення.

2.2 Конструктивні рішення каркасу

- **Типи каркасу**

Монолітний залізобетонний, збірний залізобетон, металевий, залежно від розміру станції, типу насосів та навантажень.

- **Колони та балки**

Розрахунок перерізів з урахуванням статичних та динамічних навантажень від обладнання.

2.3 Стіни та перекриття

- **Матеріали**

Цегляна кладка, бетонні панелі, монолітний бетон.

- **Утеплення**

Для запобігання корозії та підтримання температурного режиму.

- **Перекриття**

Збірні або монолітні, з урахуванням навантажень від обладнання та перекриттів.

2.4 Фундаменти

- **Типи**

Стрічкові, плитні, пальові, залежно від ґрунтових умов та навантажень.

- **Особливості**

Противофільтраційні (якщо є ризик ґрунтових вод) та віброізоляційні (під насосами).

2.5 Інженерні системи

- **Вентиляція**

Примусова, для видалення тепла та вологи.

- **Опалення та освітлення**

Для забезпечення роботи персоналу та обладнання.

- **Водовідведення**

Для обслуговування та аварійних ситуацій.

2.6 Розробка плану та розрізу

- **План**

Має бути функціональним, із забезпеченням зручного доступу до обладнання для обслуговування (кранові шляхи, проходи).

- **Поперечний розріз**

Візуалізує розташування насосів над рівнем води, висоту приміщень для обслуговування та розташування трубопроводів.

Цей процес детально розглядається в навчальних посібниках та курсових проектах з гідротехнічних споруд, які можна знайти в бібліотеках технічних університетів.

3 Завдання до виконання практичної роботи

Розробити план та виконати поперечний розріз будівлі насосної станції (масштаб 1:50).

Таблиця 3.1 Вихідні дані

Варіант	Тип будівлі насосної станції	Кількість насосних агрегатів	Тип насосів	Привід насосів	Подача води	Основні приміщення насосної станції
1	Наземна, з напівзаглибленою водоприймальною частиною (a=15000мм; b=7 900мм; h=12000мм.)	4 шт. (3 робочі, 1 резервний)	відцентрові, горизонтального виконання	з електроприводом	через напірний трубопровід	- Машинний зал; - щитова; - операторська; - складське приміщення; - допоміжні приміщення; - водоприймальна камера (водовід).
2	Наземна, з напівзаглибленою водоприймальною частиною (a=12000мм; b=5 400мм; h=10 000мм.)	2шт.	відцентрові, горизонтального виконання	з електроприводом	через напірний трубопровід	-Машинний зал; - щитова; - операторська; - складське приміщення; - водоприймальна камера (водовід).
3	Наземна, з напівзаглибленою водоприймальною частиною (a=17000мм; b=8 300мм; h=11 000мм.)	5 шт. (4 робочі, 1 резервний)	відцентрові, горизонтального виконання	з електроприводом	через напірний трубопровід	-Машинний зал; - щитова; - операторська; - водоприймальна камера (водовід).
4	Наземна, з водоприймальною частиною (a=15000мм; b=7 900мм; h=12000мм.)	4 шт. (3 робочі, 1 резервний)	відцентрові, горизонтального виконання	з електроприводом	через напірний трубопровід	-Машинний зал; - щитова; - операторська; - складське приміщення; - допоміжні приміщення; - водоприймальна камера (водовід).
5	Підземна (a=8000мм; b=4 000мм; h=5 000мм.)	2 шт	відцентрові, горизонтального виконання	з електроприводом	через напірний трубопровід	-Машинний зал; - щитова; - водоприймальна камера (водовід).

4. Приклад виконання практичної роботи

4.1 Вихідні дані

- Тип насосної станції: наземна, з напівзаглибленою водоприймальною частиною (a=15 000 мм; b=7 900 мм; h=12 000мм.).

- Кількість насосних агрегатів: 4 шт. (3 робочі, 1 резервний).
- Тип насосів: відцентрові, горизонтального виконання.
- Привід насосів: з електроприводом
- Подача води: через напірний трубопровід
- Основні приміщення насосної станції:
 - Машинний зал;
 - щитова;
 - операторська;
 - складське приміщення;
 - допоміжні приміщення;
 - водоприймальна камера (водовід).

Масштаб креслення:

- План насосної станції — М 1:50
- Поперечний розріз — М 1:50

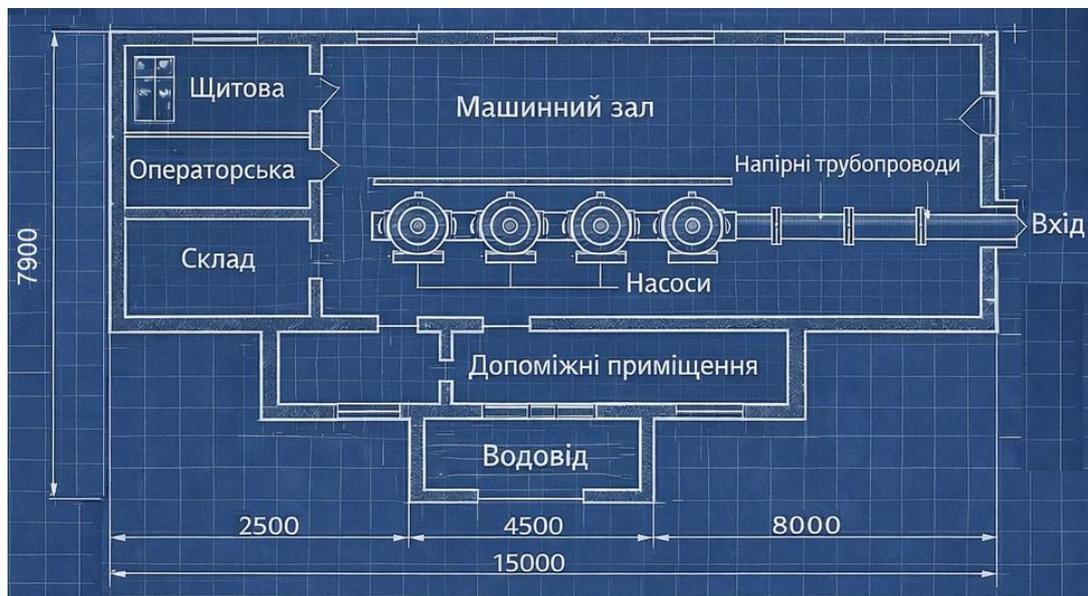


Рисунок 4.1 – План насосної станції



Рисунок 4.2 – Поперечний розріз насосної станції

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ТЕМА: «АРХІТЕКТУРНЕ РІШЕННЯ ВОДОЗАБІРНИХ СПОРУД»

1 Мета роботи

Розробити архітектурне рішення водозабору

2 Загальні відомості

Водозабірні споруди — це комплекс гідротехнічних об'єктів, призначених для забору води з природного джерела (річки, озера або підземного горизонту) і подальшого її транспортування до споживача або на очисні споруди.

Головне завдання водозабору — забезпечити безперебійну подачу води необхідної якості та об'єму, захищаючи при цьому систему від сміття, льоду, мулу та риби.

2.1 Класифікація водозабірних споруд

Залежно від типу джерела, місця розташування та конструктивних особливостей, водозабори поділяють на кілька основних груп:

2.1.1 За джерелом водопостачання

- Поверхневі: забирають воду з річок, озер, водосховищ або каналів.
- Підземні: видобувають воду з водоносних горизонтів (свердловини, колодязі).

2.2.2 За конструктивним типом (Поверхневі)

Таблиця 2.1 – Поверхневі водозабірні споруди

№ п/п	Тип споруди	Особливості застосування	Конструкція
1	2	3	4
1	Берегові	Для великих річок з кругими берегами.	Бетонний колодязь на березі, поєднаний з річкою.
2	Руслові	При пологих берегах або коли глибина далеко від берега.	Оголовок у річці, з'єднаний самопливними трубами з берегом.
3	Ковшові	При великій кількості сміття або льоду (шуги).	Штучна затока (ківш), де швидкість води падає і осад осідає.
4	Плаваючі	Тимчасові або сезонні об'єкти.	Насоси встановлюються на баржах або понтонах.
5	Фунікулерні	При дуже різких коливаннях рівня води.	Насосна станція на візках, що рухається рейками по схилу.

2.2.3 За типом водозабірної вежі

Часто використовуються на глибоких водосховищах або великих річках:

- "Мокрі" вежі (всередині вежі вода стоїть на тому ж рівні, що і в джерелі. Насоси або всмоктувальні труби знаходяться безпосередньо у воді).
- "Сухі" вежі (всередині вежі сухо; вода потрапляє лише в герметичні труби. Це зручніше для обслуговування запірної арматури та засувки).

2.2.4 За типом підземного водозабору

- Вертикальні (свердловини (артезіанські) та шахтні колодязі. Це найпоширеніший вид для приватного та міського водопостачання).
- Горизонтальні (дренажні труби або галереї, що збирають ґрунтові води на невеликій глибині).
- Каптажні (споруди для збору води в місцях її природного виходу на поверхню (джерела)).

2.2.5 За ступенем надійності

- I категорія (вимкнення води неприпустиме (великі міста, стратегічні заводи. Мають дублюючі системи та незалежні джерела живлення).
- II категорія (допускається короткочасне зниження подачі (до 30%) або перерва на час ремонту).
- III категорія (зазвичай для сільськогосподарських потреб, де можлива перерва в подачі води до 24 годин).

2.2.6 Вихідні дані до практичної роботи

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Варіант	Назва	Джерело води	Продуктивність	Особливість локації
1	2	3	4	5
1	«Гірський потік»	Гірська річка з великим ухилом	500 м ³ на добу	Висока каламутність під час танення снігу, скелястий берег.
2	«Мегаполіс»	Велика судноплавна річка (типу Дніпра)	50 000 м ³ на добу	Необхідність захисту від великого сміття та нафтопродуктів.
3	«Оаза в степу»	Штучне водосховище	2 000 м ³ на добу	Значні сезонні коливання рівня води (до 5 метрів).
4	«Еко-Курорт»	Озеро з піщаним дном	800 м ³ на добу	Вимоги до естетики: будівля має бути прихована в ландшафті.

Кінець таблиці 2.1

Варіант	Назва	Джерело води	Продуктивність	Особливість локації
1	2	3	4	5
5	«Глибинне джерело»	Артезіанські свердловини	1 200 м ³ на добу	Об'єднання кількох свердловин в один збірний вузол.
6	«Рибне господарство»	Мала річка з повільною течією	3 000 м ³ на добу	Надійна рибозахисна споруда (категорія рибогосподарського значення).
7	«Острівний»	Підземне русло під дном річки	4 500 м ³ на добу	Інфільтраційний водозабір (вода фільтрується через дно).
8	«Арктичний»	Північна річка (промерзання)	1 500 м ³ на добу	Глибоке промерзання ґрунту, необхідність підігріву вхідних вікон.
9	«Автономне містечко»	Приватний ставок	300 м ³ на добу	Компактна споруда модульного типу (контейнерне рішення).
10	«Пром-Зона»	Технічний канал	10 000 м ³ на добу	Подача води на охолодження агрегатів, агресивне середовище.

3 Приклад виконання практичної роботи

Вихідні дані:

1. Назва: «Гірський потік».
2. Джерело води: гірська річка з великим ухилом.
3. Продуктивність: 500 м³ на добу.
4. Особливість локації: висока каламутність під час танення снігу, скелястий берег.

1. Концепція та стилістика

Архітектура об'єкта базується на принципі мімікрії. Будівля частково врізається в скелястий берег.

Стиль: бруталізм з використанням природних матеріалів.

Матеріали: монолітний залізобетон з фактурою "рваного каменю", габіони (сітки з камінням) для укріплення берега, темний метал.

2. Архітектурно-планувальне рішення

Споруда розділена на три функціональні рівні:

- Рівень -4.000 (Гідротехнічний): камера статичного очищення (пісковловлювач). Тут вода сповільнюється, і важкі фракції (пісок, дрібна галька) осідають на дно.
- Рівень -2.000 (Машинний зал): герметичне приміщення з насосними агрегатами. Використовуються вертикальні багатоступінчасті насоси.
- Рівень ±0.000 (Надземний павільйон): компактна споруда з односхилим дахом, що повторює нахил гірського схилу. Тут розташована автоматика та система промивки фільтрів.

3. Специфічні інженерні рішення

Для умов гірської річки в проєкт закладені:

- Криволінійний поріг (спеціальна форма фундаменту в річці, яка відкидає велике каміння далі в русло, пропускаючи в камеру лише воду).
- Система "Антикрига" (обігрів вхідних решіток електричним кабелем, щоб запобігти утворенню донного льоду).
- Аварійний скид (труба великого діаметра для швидкого очищення камери від накопиченого піску під час паводку).

4. Генеральний план (фрагмент)

Оскільки берег скелястий, під'їзна дорога розробляється як серпантин. Навколо споруди встановлюється сітчаста огорожа від каменепадів. Зона санітарної охорони I поясу складає 30 метрів вгору по течії.

5. Візуалізація (Опис)

Будівля виглядає як бетонний моноліт, висунутий над потоком річки. Фасад, звернений до води, не має вікон (захист від сміття під час повені). Вхід розташований з нагірної сторони. Дах вкритий місцевим дерном для кращої теплоізоляції та маскування.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

ТЕМА: «РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМІВ РОБІТ, ПОБУДОВА ПЛАНУ ТА ПОЗДОВЖНІХ ПРОФІЛІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ЗЕМЛЯНОЇ ГРЕБЛІ»

1 Мета роботи

Набути практичних навичок з розрахунку об'ємів земляних робіт, а також навчитися виконувати побудову плану та поздовжніх профілів земляної греблі на основі розрахункових даних.

2 Терміни та визначення понять

Берма – горизонтальний майданчик на укосі греблі.

Гребля – водопідпірна споруда, що перегороджує водотік і його долину для підйому рівня води, створення зосередженого напору і водосховища.

Дренажний пристрій – елемент греблі з ґрунтових і кам'яних матеріалів, призначений для організованого збору і відводу в нижній б'єф фільтраційного потоку з тіла греблі, попередження виходу фільтраційного потоку на незахищений низовий укіс греблі і в зону, схильну до промерзання, економічно обґрунтованого зниження депресивної поверхні для підвищення стійкості низового укосу греблі, а також прискорення процесу консолідації глинистих ґрунтів тіла греблі і основи і зменшення порового тиску.

Зворотний фільтр – елемент дренажного пристрою, що влаштовують з одного або декількох шарів незв'язних ґрунтів, укладених в порядку зростання крупності часток по напрямку руху фільтраційного потоку, або з водопроникних неґрунтових матеріалів (геотекстиль) і призначений для попередження фільтраційних деформацій (механічна суфозія, фільтраційний випір, контактний випір та ін.) ґрунту тіла греблі і основи.

Земляна наливна гребля – гребля, тіло якої більш ніж на 50% (за об'ємом) зводять з глинистих, піщаних або піщано – гравелистих ґрунтів методом гідромеханізації.

Земляна насипна гребля – гребля, тіло якої більш ніж на 50% (за об'ємом) зводять з глинистих, піщаних або піщано-гравелистих ґрунтів методом пошарової відсипки насухо з механічним ущільненням ґрунту.

Екран греблі – протифільтраційний пристрій, розташований з боку верхнього укосу греблі, влаштований з мало водопроникних (глинистих) ґрунтів або не ґрунтових (бетон, асфальтобетон, полімерні плівки та ін.) матеріалів.

Діафрагма – протифільтраційний пристрій, розташований усередині тіла греблі або в її основі, влаштовуваний з неґрунтових матеріалів (бетон, залізобетон, асфальтобетон, метал, полімерні матеріали та ін.), шляхом ін'єкцій (цемент, бітум, глиноцемент та ін.) для зменшення фільтраційних втрат води, попередження виникнення небезпечних фільтраційних деформацій ґрунту, пониження депресійної кривої для виключення попадання фільтраційного потоку в зону промерзання і пучіння ґрунту, для підвищення стійкості низового укосу греблі.

Кам'яно-земляна гребля – гребля, тіло якої більш ніж на 50% (за об'ємом) зводять з гравійногалечникових ґрунтів або гірської маси скельного або напівскельного ґрунту.

Напірна дамба – гідротехнічна споруда у вигляді якісного насипу, аналогічна за конструкцією земляній греблі, призначена для захисту території від затоплення.

Перехідні шари - елемент кам'яно-земляних гребель, що влаштовують на контакті ґрунтових протифільтраційних пристроїв і крупноуламкового матеріалу тіла греблі і призначений для попередження фільтраційних деформацій ґрунту протифільтраційних пристроїв.

Понур греблі - горизонтальний протифільтраційний пристрій, що примикає до екрану або ядра греблі, влаштовуваний з маловодопроникних

(глинистих) ґрунтів або неґрунтових (бетон, асфальтобетон, полімерні плівки та ін.) матеріалів і призначений для подовження шляху фільтраційного потоку під греблею в ґрунті основи.

Противільтраційні пристрої – елементи греблі з маловодопроникних ґрунтових (ядро, екран і понур, екран, понур, зуб, замок) і не ґрунтових (діафрагма, ін'єкційна завіса) матеріалів, призначені для зменшення фільтраційних витрат води, градієнтів напору для попередження виникнення небезпечних фільтраційних деформацій ґрунту, пониження депресійної кривої для виключення попадання фільтраційного потоку в зону промерзання і пучення ґрунту, для підвищення стійкості низового укосу греблі. Укіс греблі Бічна поверхня греблі, похила до горизонту.

Ядро греблі – противільтраційний пристрій, розташований усередині тіла греблі, влаштовуваний з маловодопроникних (глинистих) ґрунтів для зменшення фільтраційних витрат води через тіло греблі, попередження виникнення - 7 - небезпечних фільтраційних деформацій ґрунту тіла греблі і підвищення стійкості низового укосу греблі.

3 Вибір вихідних даних

Вихідними даними до виконання розрахункового завдання є: план ділянки річки; тип дренажного пристрою, ширина гребеня греблі, максимальна висота греблі, коефіцієнти закладання укосів греблі.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

№ варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Висота греблі, м	10	11	20	18	16	17	25	24	20	18
Ширина гребеня, м	5	6	8	6	5	6	8	7	6	5
Дренажний пристрій	С2	С3	С5	П4	С4	С5	С6	С6	С5	С4
Номер плану	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти закладання укосів греблі

Висота греблі, м	Коефіцієнт закладання укосів	
	верхового, m_v	низового, m_n
≤ 5	2	1,5
6-10	2,5	2,0
≥ 11	3	2,5

4 Розрахунок об'ємів робіт з будівництва земляної греблі

Вихідні дані:

Висота греблі, м – 15 .

Ширина гребеня, м – 5.

Дренажний пристрій – П4.

Номер плану – 33.

Спочатку на плані ділянки річки будуємо план греблі (рис. 4.1). Для цього проводимо осьову лінію створу греблі і визначаємо крайні відмітки греблі шляхом складання відмітки дна русла річки і заданої висоти греблі.

$$\nabla \Gamma\Gamma = \nabla_{\text{дн.річ.}} + H_{\text{гр}} \quad 4.1$$

де $\nabla_{\text{дн.річ.}}$ – відмітка дна русла річки, м; $H_{\text{гр}}$ – висота греблі (приймається за вихідними даними), м.

У відповідності до розглядуваного прикладу отримаємо:

$$\nabla \Gamma\Gamma = 101 + 15 = 116 \text{ м.}$$

Отримане значення відмітки відображають на плані річки на осьовій лінії греблі як крайні точки гребеня греблі («А» і «Б»). У прийнятому масштабі (1: 1000) на плані ділянки річки викреслюють план греблі. Для

побудови лінії пересічення відкосів греблі з підвалиною визначаємо довжину перпендикулярів за формулою:

$$L_{\text{пер}}^{B(H)} = m_{B(H)} \cdot H_i, \quad 4.2$$

де $m_{B(H)}$ - коефіцієнт закладення верхового і низового відкосів (приймається за вихідними даними, $m_B = 1:2,5$, $m_H = 1:2$); H_i - висота греблі у i -тому перетині, м, яку визначають за формулою:

$$H_i = \nabla \Gamma \Gamma - \nabla H_{\text{гор}}, \quad 4.3$$

де $\nabla H_{\text{гор}}$ - відмітка горизонталі у прийнятому перетині, м. Розрахунок довжин перпендикулярів для верхового і низового відкосів ведемо у табличній формі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Розрахунок довжин перпендикулярів для побудови плану греблі

$\nabla ГГ, м$	$H_{гор}, м$	$H_i, м$	$L_{пер}^{66}, м$	$L_{пер}^{НВ}, м$
1	2	3	4	5
116	116	0	0	0
116	114	2	5	4
116	112	4	10	8
116	110	6	15	12
116	108	8	20	16
116	106	10	25	20
116	104	12	30	24
116	102,5	13,5	34	27
116	101	15	38	30
116	102,5	13,5	34	27
116	104	12	30	24
116	106	10	25	20
116	108	8	20	16
116	110	6	15	12
116	112	4	10	8
116	114	2	5	4
116	116	0	0	0

Після визначення довжин перпендикулярів на плані ділянки річки визначається лінія перетину відкосів греблі з поверхнею землі. Перпендикуляри проводимо перпендикулярно від бровок гребеня греблі на верховому і низовому відкосах до перетину з відповідною горизонталлю, з'єднавши точки перетину відкладених перпендикулярів з відповідними їм горизонталями отримаємо лінію перетину відкосів з підвалиною греблі (див. рис. 4.1). Після нанесення контуру греблі, на укосах розставляють біштрихи.

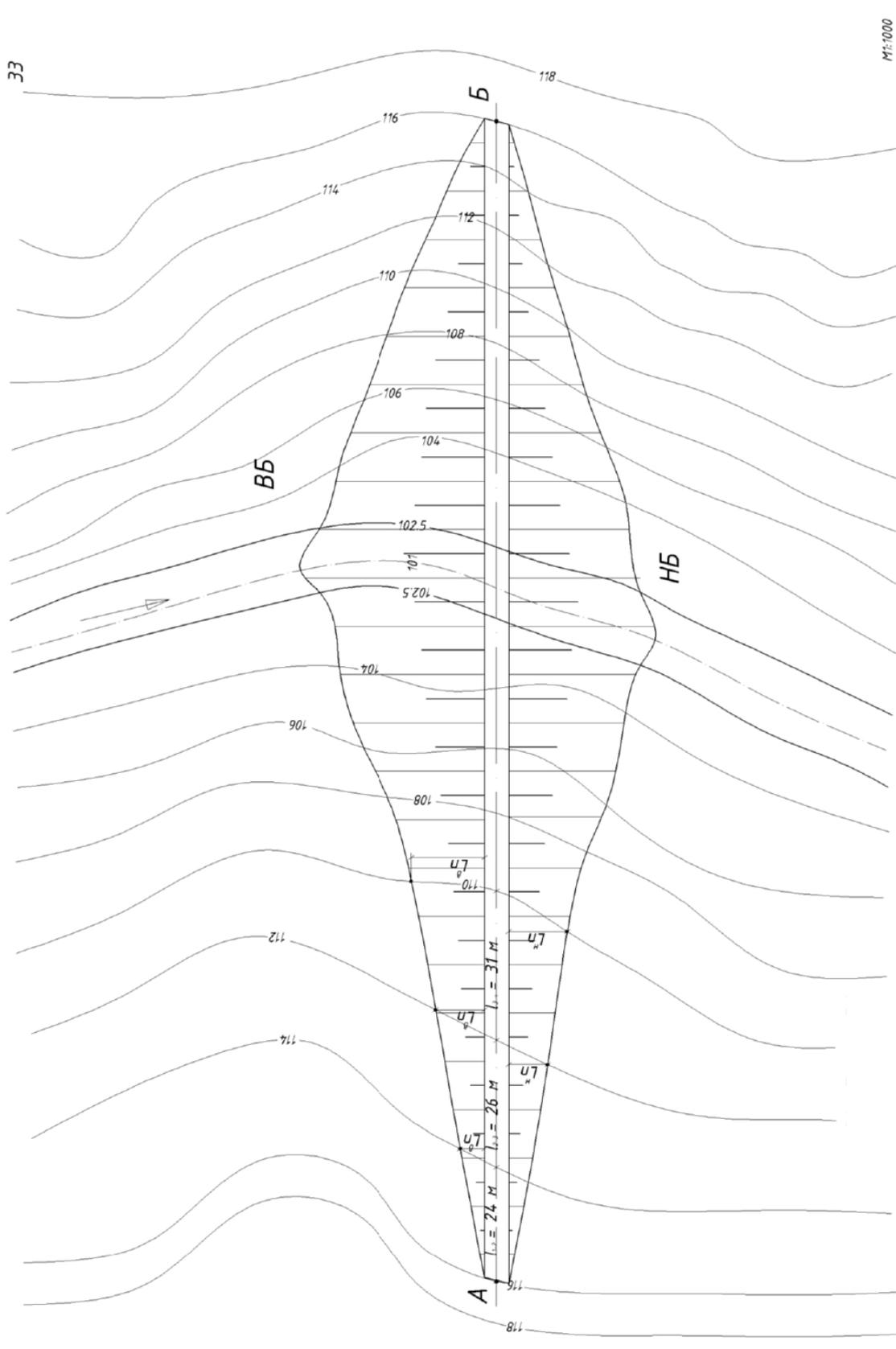


Рисунок 4.1 – План греблі

Для забезпечення стійкості зведеної греблі та збереження родючого шару ґрунту, котрий залягає в підвалині греблі, виконуються підготовчі роботи. А саме виконують зрізку рослинного шару ґрунту по всій площині основи на всю глибину родючого прошарку, після чого виконується розпушення з подальшим ущільненнями підвалини греблі на глибину 0,2 м. Площа підготовки основи під греблю розраховується як сума площ трапецій.

Площа кожної трапеції:

$$F_n = \frac{b_i + b_{i+1}}{2} \cdot l_{i+1}, \quad 4.4$$

де l_{i+1} - відстань між суміжними поперечниками (визначається за планом греблі, або у відповідності до поздовжнього профілю греблі), м; b_i, b_{i+1} - ширина греблі по низу у суміжних перетинах, яка визначається за виразом:

$$b_i = b_{cp} + l_n^{\cdot} + l_n^{\cdot}. \quad 4.5$$

Визначивши площу, на якій виконуються підготовчі роботи визначають об'єм зрізки рослинного шару ґрунту, об'єм розпушення з подальшим ущільненням ґрунту в підвалені греблі за відповідними формулами:

$$V_{\text{рос.гр.}} = F_n \cdot h_{\text{рос.гр.}}, \quad 4.6$$

$$V_{\text{розп. (ущіл.)}} = F_n \cdot h_{\text{розп. (ущіл.)}}, \quad 4.7$$

де $h_{\text{рос.гр.}}$ - потужність рослинного шару ґрунту (0,3 м); $h_{\text{розп. (ущіл.)}}$ - глибина розпушення, та товща ущільнення ґрунту в підвалені греблі (0,2 м). Розрахунок об'ємів підготовчих робіт в підвалені греблі виконуємо в

табличній формі (табл. 4.2). Підготовчі роботи виконуються тільки для правої та лівої підосви греблі, саме русло річки не входить в підготовчі роботи, тому для двох сегментів, котрі розташовуються в руслі річки, розрахунок не проводиться.

Таблиця 4.2 - Розрахунок об'ємів робіт з підготовки підвалини греблі

$b_2, \text{ м}$	$l_n^e, \text{ м}$	$l_n^h, \text{ м}$	$b_i, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$F_n, \text{ м}^2$	$V_{p.z.}, \text{ м}^3$	$V_{roz.}, \text{ м}^3$	$V_{уц.}, \text{ м}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0	0	5					
5	5	4	14	24	228	91	46	46
5	10	8	23	26	481	192	96	96
5	15	12	32	31	853	341	171	171
5	20	16	41	16	584	234	117	117
5	25	20	50	13	592	237	118	118
5	30	24	59	13	709	284	142	142
5	34	27	66	14	875	350	175	175
Σ						1729	865	865
5	34	27	66					
5	30	24	59	19	1188	475	238	238
5	25	20	50	11	600	240	120	120
5	20	16	41	12	546	218	109	109
5	15	12	32	11	402	161	80	80
5	10	8	23	12	330	132	66	66
5	5	4	14	12	222	89	44	44
5	0	0	5	10	95	38	19	19
Σ						1353	676	676
Всього						3082	1541	1541

За результатами виконаних розрахунків у практичній роботі необхідно виконати креслення поздовжнього та поперечного профілів греблі.

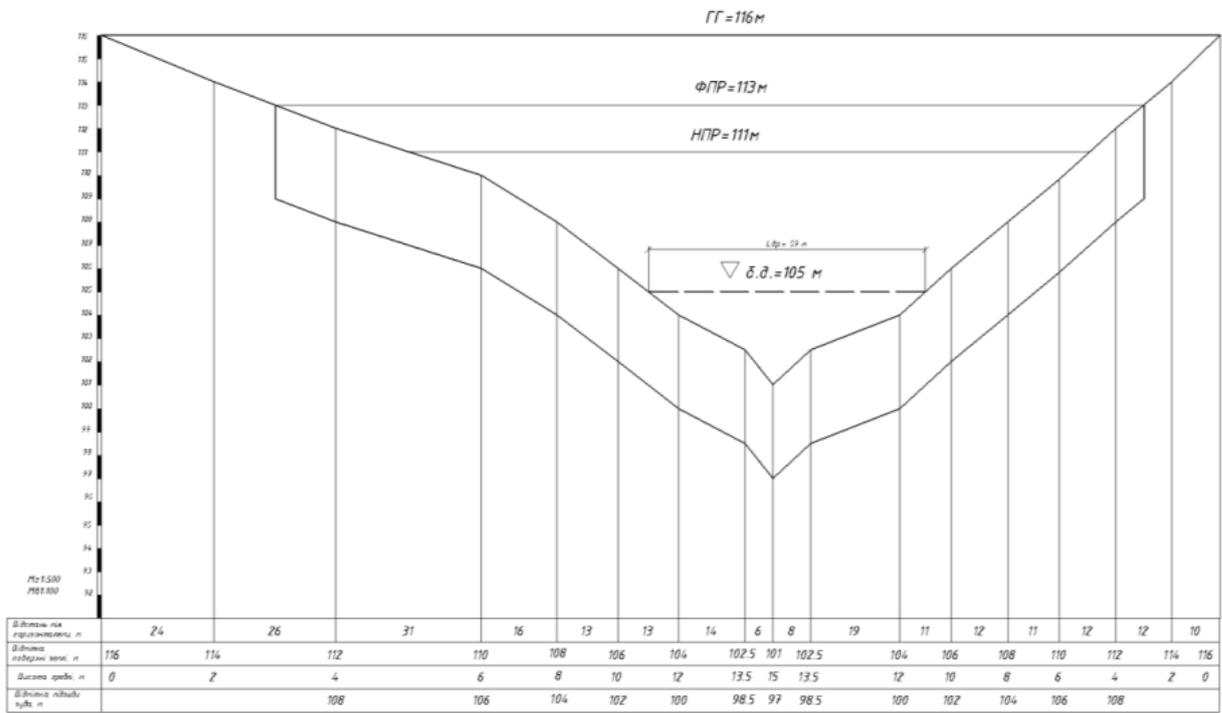


Рисунок 4.2 – Поздовжній профіль греблі

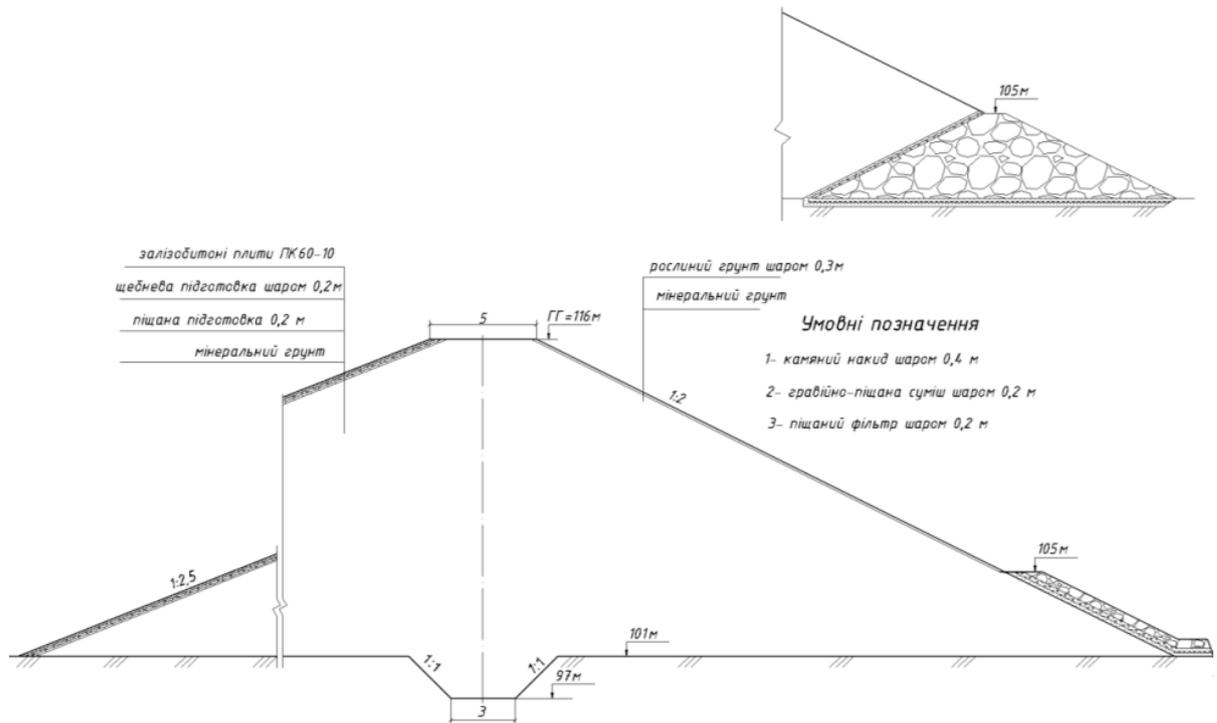


Рисунок 4.3 – Поперечний профіль греблі

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5
ТЕМА: «ВЛАШТУВАННЯ ЗУБА ГРЕБЛІ З ГЛИНИСТОГО
ГРУНТУ»

1 Мета роботи

Набути практичні навички з влаштування зуба греблі, навчитися визначати його основні геометричні параметри, виконувати розрахунок об'ємів робіт і оцінювати роль зуба греблі у забезпеченні протифільтраційної надійності та стійкості гідротехнічної споруди.

2 Влаштування зуба греблі з глинистого ґрунту

З метою зменшення фільтраційного потоку в підваляні греблі влаштовують зуб з глинистого ґрунту, прорізаючи ним верхній горизонт підваляні. Спочатку по всій протяжності зуба розробляють трапецевидного перерізу траншею. Об'єм розробки ґрунту в дані траншеї розраховують за формулою:

$$V_3 = (b_3 + m_3 \cdot H_3) \cdot H_3 \cdot L_3, \quad 2.1$$

де b_3 - ширина зуба по дну, приймаємо $b_3 = 3\text{м}$; m_3 - коефіцієнт закладання відкосів зуба ($m=1:1$); H_3 - глибина зуба приймаємо 4м ; L_3 - довжина зуба, $L_3 = 185\text{ м}$ (див. практичну роботу № 4).

$$V_3 = (3+1 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 185 = 5180 \text{ м}^3.$$

Тіло зуба заповнюється глинистим ґрунтом з пошаровим розрівнюванням та ущільненням. Глини розробляється в кар'єрах, об'єм якої визначають за формулою:

$$V_{\text{кар.гл.}} = V_3 \cdot 1,05 \%, \quad 2.2$$

де 1,05 – коефіцієнт котрий враховує втрати ґрунту при його транспортуванні з кар'єра до місця його укладки.

$$V_{\text{кар. гл.}} = 5180 \cdot 1,05 \% = 5439 \text{ м}^3.$$

Під час розробки глини в кар'єрі відбувається процес роз рихлення, що призводить до збільшення об'єму розробленої глини в середньому на 20 %. В зв'язку з цим об'єм глини котрий буде підлягати розрівнюванню та ущільненню в тілі зуба становитиме:

$$V_{\text{розр.гл.}} = V_{\text{ущіл.гл.}} = V_3 \cdot 1,2 \%, \quad 2.3$$

$$V_{\text{розр.гл.}} = V_{\text{ущіл.гл.}} = 5180 \cdot 1,2 \% = 6216 \text{ м}^3.$$

Об'єм тіла греблі рівний сумі об'ємів геометричних тіл, які заключні між суміжними поперечниками (горизонталями). Об'єм кожного з цих тіл визначають за формулою:

$$V_{\text{сп}} = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l_{i-i+1}, \quad 2.4$$

де F_1, F_2 - площа поперечного перетину, відповідно у першому та другому поперечнику. Площа поперечного перетину греблі розраховується за формулою:

$$F_i = b_z \cdot H_{z,i} + \frac{m_s + m_n}{2} \cdot H_{z,i}^2, \quad 2.5$$

де $b_{г}$ - ширина греблі по гребеню, м; $H_{г,i}$ - висота греблі у відповідному перетину. Розрахунок об'єму тіла греблі виконується в табличній формі табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок об'єму тіла земляної греблі

$b_{г}$, м	$H_{г,i}$, м	$b_{г} \cdot H_{г,i}$, м ²	$m_{г}$	$m_{н}$	F_i , м ²	l , м	$V_{гр}$, м ³
5	0	0	2,5	2	0		
5	2	10	2,5	2	19	24	228
5	4	20	2,5	2	56	26	975
5	6	30	2,5	2	111	31	2589
5	8	40	2,5	2	184	16	2360
5	10	50	2,5	2	275	13	2984
5	12	60	2,5	2	384	13	4284
5	13,5	68	2,5	2	478	14	6034
5	15	75	2,5	2	581	6	3177
5	13,5	68	2,5	2	478	8	4236
5	12	60	2,5	2	384	19	8189
5	10	50	2,5	2	275	11	3625
5	8	40	2,5	2	184	12	2754
5	6	30	2,5	2	111	11	1623
5	4	20	2,5	2	56	12	1002
5	2	10	2,5	2	19	12	450
5	0	0	2,5	2	0	10	1375
Σ							45885

Ґрунт для тіла греблі (середній, важкий суглинок) розробляють в кар'єрі, об'єм якого розраховують за формулою:

$$V_{кар. сугл.} = V_{гр} \cdot 1,05 \% = 45885 \cdot 1,05 \% = 48179 \text{ м}^3. \quad 2.6$$

Підчас розробки суглинку в кар'єрі відбувається процес роз рихлення, що призводить до збільшення об'єму розробленої глини в середньому на 20-25 %. В зв'язку з цим об'єм суглинку котрий буде підлягати розрівнюванню та ущільненню в тілі греблі становитиме:

$$V_{розн. сугл.} = V_{ущіл. сугл.} = V_{гр} \cdot 1,25 \% = 45885 \cdot 1,25 \% = 57356 \text{ м}^3. \quad 2.7$$

Після відсипки тіла греблі виконують планування її відкосів, площу котрих визначаються як сума площ трапецій, які розташовані на відповідних відкосах між суміжними перетинами (горизонталями):

$$F_{\text{від.}} = \frac{l_{\text{від.1}} + l_{\text{від.2}}}{2} \cdot l, \quad 2.8$$

де $l_{\text{від.}i}$ – довжина укосу греблі у відповідному перетину, яка визначається як:

$$l_{\text{від.}i} = H_{z.i} \cdot \sqrt{1 + m_{\text{в}(n)}^2}. \quad 2.9$$

На верховому укосі виконується відсипка та розрівнювання піщаної і щебеневої підготовки, об'єм якої розраховують за формулою:

$$V_{\text{нід}} = F_{\text{від}} \cdot h_{\text{нід}}, \quad 2.10$$

де $h_{\text{нід}}$ – товщина підготовки, піщаної – 0,1 м, щебеневої – 0,1 м.

На низовому укосі розрівнюють рослинний шар ґрунту з подальшим висівом трав. Об'єм рослинного ґрунту розраховують за формулою:

$$V_{\text{рос.гр.від.}} = F_{\text{від}} \cdot h_{\text{рос.гр.}}, \quad 2.11$$

де $h_{\text{рос.гр.}}$ – шар рослинного ґрунту, 0,3 м.

Розрахунок об'ємів робіт з улаштування відкосів греблі виконуємо в табличній формі (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок об'ємів кріплення відкосів греблі (верховий укіс)

$H_2, \text{М}$	$m_{\text{в(н)}}$	$l_{\text{від}}, \text{М}$	$l, \text{М}$	$F_{\text{від}}, \text{М}^2$	$V_{\text{мс}}, \text{М}^3$	$V_{\text{ц}}, \text{М}^3$	$V_{\text{р.з}}, \text{М}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8
верховий укіс							
0	2,5	0					
2	2,5	5,4	24	65	13	13	-
4	2,5	10,8	26	210	42	42	-
6	2,5	16,2	31	417	83	83	-
8	2,5	21,5	16	302	60	60	-
10	2,5	26,9	13	315	63	63	-
12	2,5	32,3	13	385	77	77	-
13,5	2,5	36,3	14	481	96	96	-
15	2,5	40,4	6	230	46	46	-
13,5	2,5	36,3	8	307	61	61	-
12	2,5	32,3	19	652	130	130	-
10	2,5	26,9	11	326	65	65	-
8	2,5	21,5	12	291	58	58	-
6	2,5	16,2	11	207	41	41	-
4	2,5	10,8	12	162	32	32	-
2	2,5	5,4	12	97	19	19	-
0	2,5	0,0	10	135	27	27	-
Σ				4582	913	913	

Таблиця 2.3 – Розрахунок об’ємів кріплення відкосів греблі (верховий укіс)

$H_2, \text{м}$	$m_{\theta(n)}$	$l_{\text{від}}, \text{м}$	$l, \text{м}$	$F_{\text{від}}, \text{м}^2$	$V_{\text{міс}}, \text{м}^3$	$V_{\text{ц}}, \text{м}^3$	$V_{\text{р.з.}}, \text{м}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8
низовий укіс							
0	2	0					
2	2	4,5	24	54	-	-	16
4	2	8,9	26	174	-	-	52
6	2	13,4	31	347	-	-	104
8	2	17,9	16	250	-	-	75
10	2	22,4	13	262	-	-	79
12	2	26,8	13	320	-	-	96
13,5	2	30,2	14	399	-	-	120
15	2	33,5	6	191	-	-	57
13,5	2	30,2	8	255	-	-	77
12	2	26,8	19	542	-	-	163
10	2	22,4	11	271	-	-	81
8	2	17,9	12	241	-	-	72
6	2	13,4	11	172	-	-	52
4	2	8,9	12	134	-	-	40
2	2	4,5	12	80	-	-	24
0	2	0,0	10	112	-	-	34
Σ				3804			1142
Всього				8386	913	913	1142

Поверхня гребеня греблі також підлягає планувальним роботам, площа якої розраховується за формулою:

$$F_{\text{гр.гр.}} = b_{\text{гр.гр.}} \cdot L_{\text{гр.}}, \quad 2.12$$

$$F_{\text{гр.гр.}} = 5 \cdot 238 = 1190 \text{ м}^2 .$$

Усі дані по розрахунку об’ємів робіт з будівництва земляної греблі зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Відомість об'ємів робіт з будівництва земляної греблі

№ п/п	Найменування будівельного процесу	Од. виміру	Кількість
1	2	3	4
1.	Зрізка рослинного шару ґрунту з основи греблі	м ³	3082
2.	Розпушення ґрунту в основі греблі	м ³	1541
3.	Ущільнення ґрунту в основі греблі	м ³	1541
4.	Розробка мінерального ґрунту в тілі зубу	м ³	5180
5.	Розробка глинистого ґрунту в кар'єрі з навантаженням у автотранспорт	м ³	5439
6.	Розрівнювання глинистого ґрунту в тілі зуба	м ³	6216
7.	Ущільнення глинистого ґрунту в тілі зуба	м ³	6216
8.	Розробка суглинку в кар'єрі з навантаженням у автотранспорт	м ³	48179
9.	Розрівнювання мінерального ґрунту в тілі греблі	м ³	57356
10.	Ущільнення мінерального ґрунту в тілі греблі	м ³	57356
11.	Планування поверхні верхового і низового відкосів	м ²	8386
12.	Планування поверхні гребеня греблі	м ²	1190
13.	Улаштування піщаної підготовки на верховому укосі	м ³	913
14.	Улаштування щебеневої підготовки на верховому укосі	м ³	913
15.	Улаштування рослинного ґрунту на низовому укосі	м ³	1142
16.	Укладання залізобетонних плит ПК60-20 на верховому укосі	м ²	4582

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 6-го кваліфікаційного рівня НРК.

Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного оцінювання не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина	Разом
100 балів	100 балів	Середньозважена, максимально 100

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі поточного контролю – двох письмових контрольних робіт за темами 1-6 та за темами 7-12. Загалом за дві поточні контрольні роботи отримується максимум 100 балів (50 балів за кожну правильно виконану поточну контрольну роботу).

Практична частина оцінюється шляхом виконання та захисту практичних робіт (5 практичних робіт). Загалом за п'ять правильно виконаних практичних робіт отримується максимум 100 балів.

Правильно виконане практичне завдання оцінюється у 20 балів, а саме:

- **20 балів** – завдання виконано правильно та захищене;
- **16 балів** – завдання виконано правильно та захищене (частково);
- **12 бали** – завдання виконано правильно;
- **8 бали** – завдання виконано з помилками;
- **4 бали** – завдання виконано з помилками (частково),
- **0 балів** – завдання не виконано.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-8:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля.
2. ДБН В.1.2-9:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації.
3. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення.
4. Пальченко О. Л. Основи гідротехнічного будівництва / О. Л. Пальченко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 146 с.
5. О.І. Ольховик, А.А. Білецький. Технологія будівництва гідротехнічних водогосподарських та природоохоронних споруд. навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019 р. Лінк: <https://surl.li/ortcol>.

Навчальне видання

Шаповал Володимир Григорович
Скобенко Олександр Васильович
Вігченко Денис Миколайович
Кулівар Вячеслав Вячеславович

АРХІТЕКТУРА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми
«Гідротехнічне будівництво та водна інженерія»
зі спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.

Підписано до видання 02.10.2025. Авт. арк. 1,6.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.