

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії

доцент _____ Андрій ТКАЧУК
« ____ » червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
ступінь вищої освіти «бакалавр»

на тему **Обґрунтування параметрів водоскидної споруди
гідровузла на річці Домоткань біля села Якимівка**

Виконала: здобувачка в.о.,
групи ГТБ-1-22
194 "Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології"
Освітньо-професійна програма "Водна інженерія
та водні технології "

Марія ПОСТАВНА

(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Володимир КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Рецензент : _____
(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2026

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра водогосподарської інженерії
 Освітній ступінь «бакалавр»
 Спеціальність – 194 "Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології"
 Освітньо-професійна програма "Водна інженерія та водні технології "

ЗАТВЕРДЖУЮ :
 Зав. кафедрою водогосподарської
 інженерії
 _____ (Андрій ТКАЧУК)
 « ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студентці Поставній Марії Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту: **Обґрунтування параметрів водоскидної споруди
 гідровузла на річці Домоткань біля села Якимівка**

керівник проекту _____ Коваленко Володимир Васильович, к.с.-г.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по агроуніверситету від «24» квітня 2026 р. № 819

1. Термін здачі студентом закінченого проекту : « 16 » червня 2026 р.
2. Вихідні дані до роботи 1. План водозбору досліджуваної території в горизонталях. Цифрова модель рельєфу 2. Типові проекти водоскидних споруд та земляних гребель (Укрводпроект, Дніпрогідроводгосп) 3. Довідникові матеріали з кліматичних, гідрологічних , геологічних та гідрогеологічних х-ках району проектування. 4. Інтернет ресурс – про землекористування на території розрахункового водозбору.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ. 1. Природно-кліматичні умови на території проектування (водозбір ставка); 2.Гідрогеологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки для розрахункового водозбору. 3. Обґрунтування параметрів водоскидної споруди. 4 Конструктивні особливості земляної греблі. 5.Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього. 6. Охорона праці в гідротехнічному будівництві та безпека в надзвичайних ситуаціях . Висновки
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в PowerPoint. 2. Основні креслення на А1: Генплан водозбору до розрахункового створу М 1: 25000 або 50000. Конструктивні особливості

елементів водоскидної споруди : плани, профілі, розрізи. Типова конструкція земляної греблі.

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: « 24 » _квітня_ 2026 _р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. 1. Природно-кліматичні умови на території проектування (водозбір водосховища);	28.02.26	
2	Гідрогеологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки для розрахункового водозбору	05.03.26	
3	Конструювання земляної греблі та водоскидної споруди.	28.04.26	
5	Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього.	01.05.26	
6	Висновки. Креслення.	07.06.26	
	Поточний контроль виконання ДП за планом	До 1.06.2026 р.	
	Передзахист ДП на кафедрі	15.06.2026 р.	
	Представлення ДП на рецензію	до 25.06.2026 р.	

Студент-дипломник _____
(підпис)

Керівник проекту _____ / Коваленко В.В. /
(підпис) (прізвище та ініціали)

ПАСПОРТ ПРОЕКТУ

Показник	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3
Площа водозбору для розрахункового створу	км ²	131
Залісеність водозбору	%	14
Середній похил водозбору	‰	23
Максимальна витрата весняної повені 1%-вої забезпеченості	м ³ /с	54
Максимальна витрата дощового паводку 1%-вої забезпеченості	м ³ /с	44
Максимальна середньодобова витрата весняної повені (5%)	м ³ /с	20
Максимальна трансформована весняної повені (5%)	м ³ /с	18
Об'єм стоку повені 1%-вої забезпеченості	млн. м ³	32,5
Площа водного дзеркала ставка при НПГ	га	104
Площа водного дзеркала ставка при ФПГ	га	128
Відмітка ФПГ	м	80,02
Відмітка НПГ	м	79,00
Відмітка ГМО	м	77,50
Об'єм ставка :		
повний	млн.м ³	2,34
корисний	млн.м ³	1,26
мертвий	млн.м ³	1,08
Тип водоскиду – закритий шахтний, довжина труби	м	53
Розмір залізобетонного трубчастого водоскиду	м, шт	2х2, 4
Тип водоспуску – донний отвір суміщений з водоскидом	м	0,8х0,8
Пропускна здатність водоскиду в штатному режимі (до ФПГ=80,0 м)	м ³ /с	34
Пропускна здатність водоскиду при аварійному режимі (до ФПГ _{мах} =81,3 м)	м ³ /с	48
Час опорожнення корисного об'єму водосховища	доба	6
Час опорожнення корисного та регулюючого об'ємів водосховища	доба	10
Природоохоронні заходи: Площа водоохоронної зони	га	1039
Площа прибережної захисної смуги	га	42

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	9
ВСТУП	10
1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОВУЗЛА.....	12
1.1 Рельєф досліджуваної частини водозбору річки Домоткань	13
1.2 Коротка кліматична характеристика для району проектування	16
1.3 Інженерно-геологічні, гідрогеологічні умови та ґрунти в створі греблі.....	17
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ	20
2.1. Характеристика сільськогосподарського використання земель на водозборі річки	20
2.2 Необхідність обґрунтування конструкції водоскидної споруди ставка на річці Домоткань	23
3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	26
3.1. Визначення річного стоку для водозбору р. Домоткань.....	26
3.2. Визначення максимальної витрати весняної повені	28
3.3. Визначення максимальної витрати дощового паводку.....	29
4. ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ	32
4.1. Оцінка зарегульованості стоку в розрахунковому створі р. Домоткань.....	32
4.3. Розрахунок трансформації максимального стоку	35
5. КОНСТРУКЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ВОДОСКИДНОЇ ТА ВОДОСПУСКНОЇ СПОРУД ГІДРОВУЗЛА	38
5.1 Опис конструкції шахтного водоскиду гідровузла	38
5.2 Гідравлічний розрахунок водоскиду	42
5.3 Конструкція донного водовипуску у складі гідровузла.....	49
6. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗЕМЛЯНОЇ ГРЕБЛІ ..	51
7. ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРОВУЗЛА НА РІЧЦІ ДОМОТКАНЬ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	56
7.1. Оцінка впливу на поверхневі та підземні води.....	56
7.2 Оцінка впливу на геологічне середовище та ґрунти	57

7.3. Природоохоронні зони і прибережні захисні смуги	58
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63
ДОДАТКИ	65

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається із вступу, 7 розділів, висновків та переліку посилань. Додатків – 3. Повний обсяг роботи – 70 сторінки друкованого тексту. Перелік посилань містить 30 найменувань. Креслень - 3

Об'єктом дослідження є процеси формування місцевого стоку в басейні р. Домоткань та фактори, що впливають на формування максимальних витрат водопілля та дощових паводків.

Предмет досліджень – обґрунтування конструктивних параметрів водоскидних споруд гідровузла.

Метою : визначення кількісних та якісних параметрів стоку, обґрунтування розмірів водоскиду та його пропускну здатність.

Основні завдання проектування:

- оцінити сучасний технічний стан існуючого водоскиду;
- виконати гідрологічні та водогосподарські розрахунки ;
- обґрунтувати параметри водоскиду в складі гідровузла та відповідність його пропуску максимальних витрат;
- запровадити природоохоронні заходи та інш.

Методи дослідження: візуальна рекогносцировка, інженерне проектування, аналітичні та емпіричні методи розрахунку; застосовувались спеціалізовані програми та ресурси QGIS, «AutoCAD», Google Earth.

Ключові слова: водоскид, гідрологічні та водогосподарські розрахунки, надійність.

ВСТУП

Проектування водоскидних споруд більшості існуючих в степовій зоні України гідровузлів ґрунтувалось на відомих нормативних документах [25, 9] майже піввікової давнини. За цей час умови формування максимального стоку кардинально змінились, а пропускна здатність водоскидів, як правило, зменшилась за рахунок зносу механічного обладнання, регуляторів, металевих частин та забруднення, замулення водопровідних частин водоскидів. Тому, в умовах антропогенного навантаження на довкілля, виникає необхідність в перевірці надійності роботи водоскидних споруд, розробки і дотримання правил користування водними ресурсами, раціонального їх використання і екологічно направленого захисту на основі нової нормативної бази [15, 16, 14, 11].

Ще одним важливим питанням є оцінка технічного стану водоскидних споруд, особливо у складі гідровузлів класу надійності (відповідальності) вище СС1. Немало важливим є і питання забезпечення екологічної стійкості ландшафтів в зоні водних об'єктів, особливо в такому регіоні, як північно-західна частина Дніпропетровської області де дуже розвинені екзогенні небезпечні схиліві процеси – водна ерозія, розчленованість рельєфу, тощо. Тому проблема збереження, відтворення та раціонального використання водних ресурсів сьогодні є надзвичайно актуальною.

Відомо, що тривалий період експлуатації штучних водних об'єктів призводить до їх деградації: обміління, заростання, замулення водоскидних споруд. Одним з яких є гідровузол на р. Домоткань біля на с. Якимівка Кам'янського району – об'єкт проектування.

Тому *метою* проекту є: обґрунтування конструктивних параметрів водоскидних споруд гідровузла на річці Домоткань, що визначаються об'єктивними кліматичними умовами та гідрологічними характеристиками стоку та встановити відповідність пропускної здатності водоскиду нормам проектування.

Об'єктом дослідження є процеси формування місцевого стоку в басейні р. Домоткань та фактори, що впливають на формування максимальних витрат водопілля та дощових паводків.

Предметом досліджень є обґрунтування конструктивних параметрів водоскидних споруд, що визначається об'єктивними гідрологічними, кліматичними характеристиками та геологічною будовою основи в створі греблі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач, направлених на втілення дієвих заходів з вибору оптимальних параметрів водоскидних споруд з врахуванням гідрогеологічних, агрокліматичних умов території проектування.

Основні з цих задач можна звести до наступного:

- аналізу умов формування місцевого поверхневого стоку на території водозбору річки Домоткань (до створу – гребля ставка), визначення за використання картографічних матеріалів та ГІС технологій морфологічних характеристик водозбору;
- вивчення сучасного технічного стану існуючого водоскиду шляхом рекогносцировки та розробка заходів щодо запобігання можливих негативних наслідків при подальшій експлуатації водоскиду ;
- вивчення інженерно-геологічних умов основи та технічного стану земляної насипної греблі ставка;
- провести гідрологічні розрахунки на водозборі річки для визначення максимальних характеристик стоку дощового паводку та весняної повені, об'ємів їх стоку;
- виконати проектуванню водоскидних споруд, визначення основних їх розмірів;
- впровадження природоохоронних заходів при експлуатації гідровузла та заходів направлених на дотримання охорони праці;
- обробку даних водозбірної площі та складових гідрологічних розрахунків виконати в ГІС QGIS, проектування – в AutoCAD.

Вирішувати ці задачі необхідно на сучасному технічному рівні, використовуючи набуті в процесі навчання знання, нормативну, довідникову та навчальну літературу.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОВУЗЛА

Домоткань — річка в Україні, права притока Дніпра. Повна довжина 39,2 км. Площа водозбірного басейну 350 км². Похил 1,6 м/км. Лісистість басейну становить 14% (переважно штучного походження, лісосмуги) [17].

Річка бере початок на східній околиці с. Мотронівка. Біля села Андріївка на правому корінному березі долини стоїть велика баба (бовван) на кургані у давньої «Великої дороги». Тече територією Кам'янського району Дніпропетровської області.

Морфологічні та гідрологічні параметри території досліджуваної частини водозбору річки Домоткань визначені за використання ГІС QGIS [2] (рис.1.1) на основі використання цифрової моделі рельєфу (ЦМР) з роздільною здатністю найменшої одиниці (піксель) 30 м [29]. Площа водозбору склала 131,49 км².

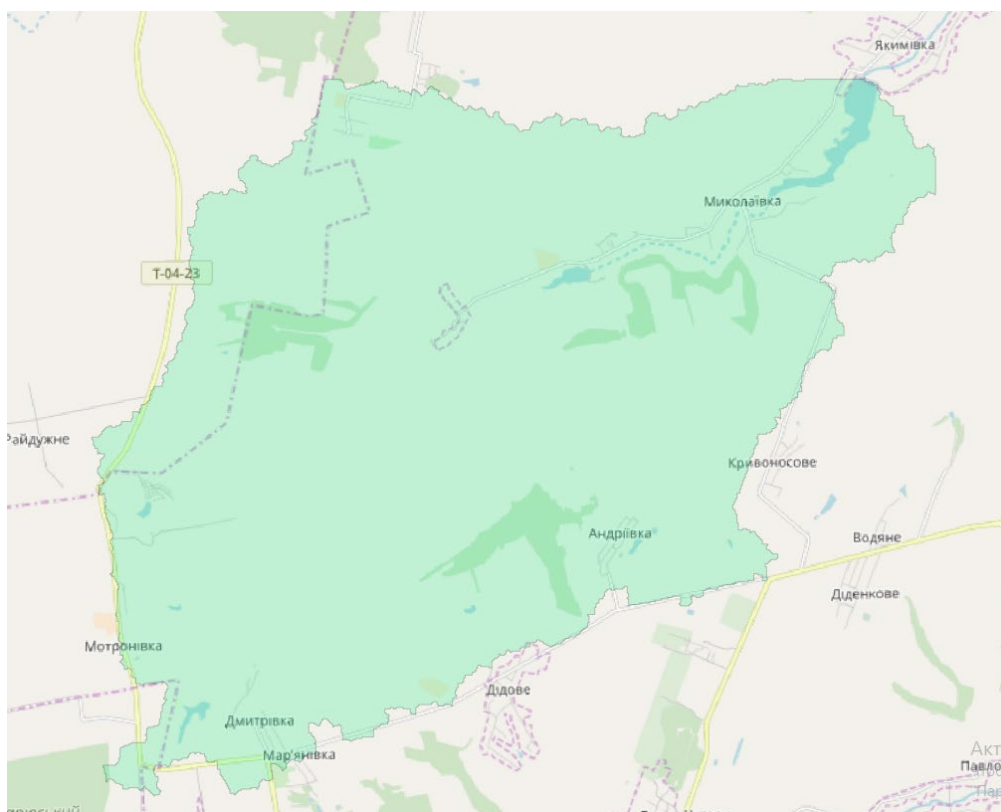


Рисунок 1.1 – Водозбір річки Домоткань до розрахункового створу (вісь греблі), (розрахунковий, QGIS)

За фізико-географічним районуванням водозбір Домоткані розташований в Лівобережно- Дніпровсько-Приазовській південнестеповій фізико-географічній провінції, в північно-західній частині Вовчансько-Нижньогайчурського району [28]. Район відносять до підзони Північного Степу, хоча за сучасними характеристиками зміненого клімату можна віднести і до Центрального Степу [30].

За агрокліматичним районуванням район дослідження віднесений до посушливої дуже теплої зони з гідротермічним коефіцієнтом $0,8 - 0,7$ і сумою позитивних температур більше 3000°C [7, 10].

1.1 Рельєф досліджуваної частини водозбору річки Домоткань

Рельєф території, на якій розташований водозбір Домоткань дуже пересічений, як і більшість невеликих водозборів на правому березі р. Дніпро в її північно-степовій частині. Формування рельєфу відбулося під впливом льодовика [7, 28]. Яружна мережа має характерні ознаки водної площинної та лінійної ерозії.

Проведений аналіз похилів на водозборі за ЦМР, за використання «Морфологічного аналізу» в QGIS обробленої ЦМР (рис.1.2), який виявив на прияружних ділянках водозбору ділянки з похилами більше 10 % (світлі ділянки). Статистичні параметри крутизни схилів приведені нижче

STATISTICS_MAXIMUM=20.6 %

STATISTICS_MEAN=2.6 %

STATISTICS_MINIMUM=0

STATISTICS_STDDEV=2.15 % (середньоквадратичне відхилення)

Отже середнє значення крутизни водозбору становить 2,6 %.

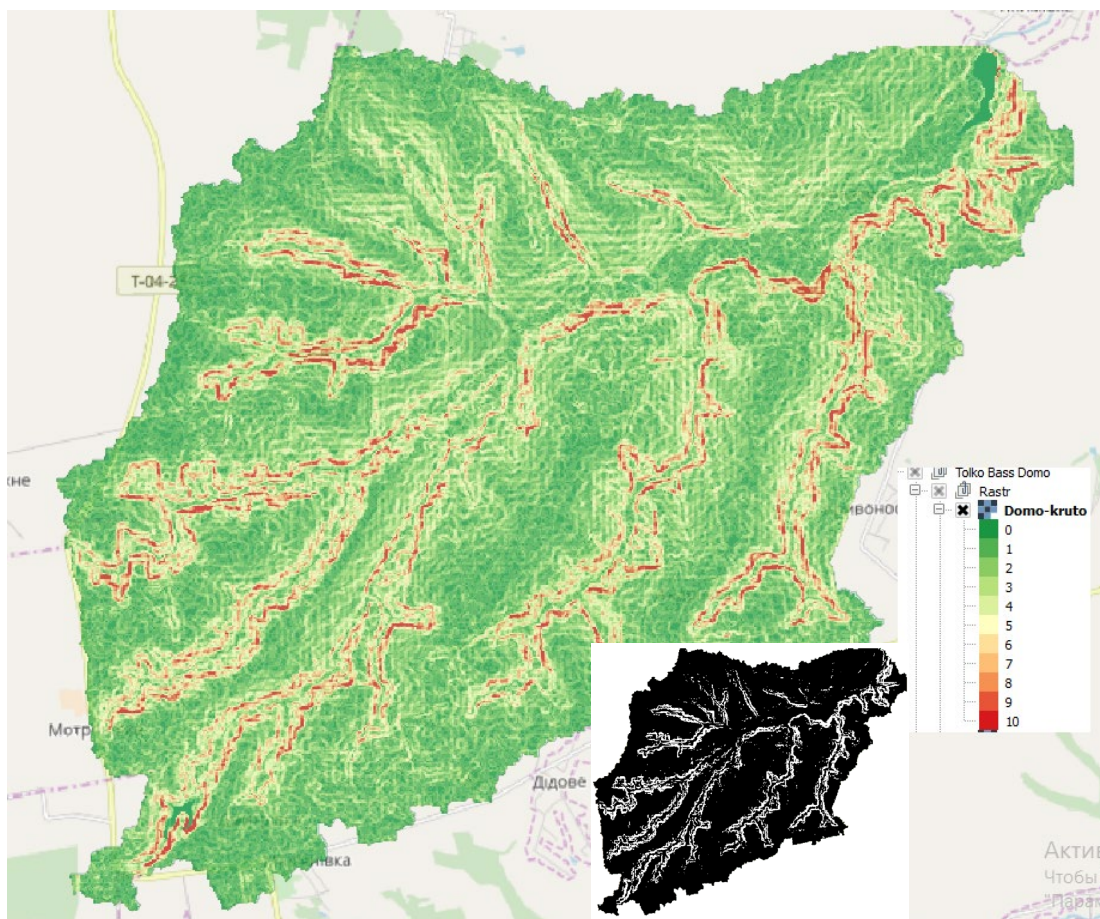


Рисунок 1.2 – Морфологічний аналіз водозбору річки Домоткань (похил місцевості)
: QGIS

На нижній частині білим показані площі на водозборі з похилами більше 5% які становлять 17,79 км² (13,5 % водозбору р. Домоткань до розрахункового створу). Це один з найпересічених районів області.

Абсолютні відмітки території водозбору (рис.1.3) балки встановлені в QGIS. Також з метаданих растрового зображення ЦМР визначені відмітки поверхні землі на водозборі :

STATISTICS_MAXIMUM=189 м

STATISTICS_MEAN=143.44 м

STATISTICS_MINIMUM=76.0 м

STATISTICS_STDDEV=25.13 м (середньоквадратичне відхилення)

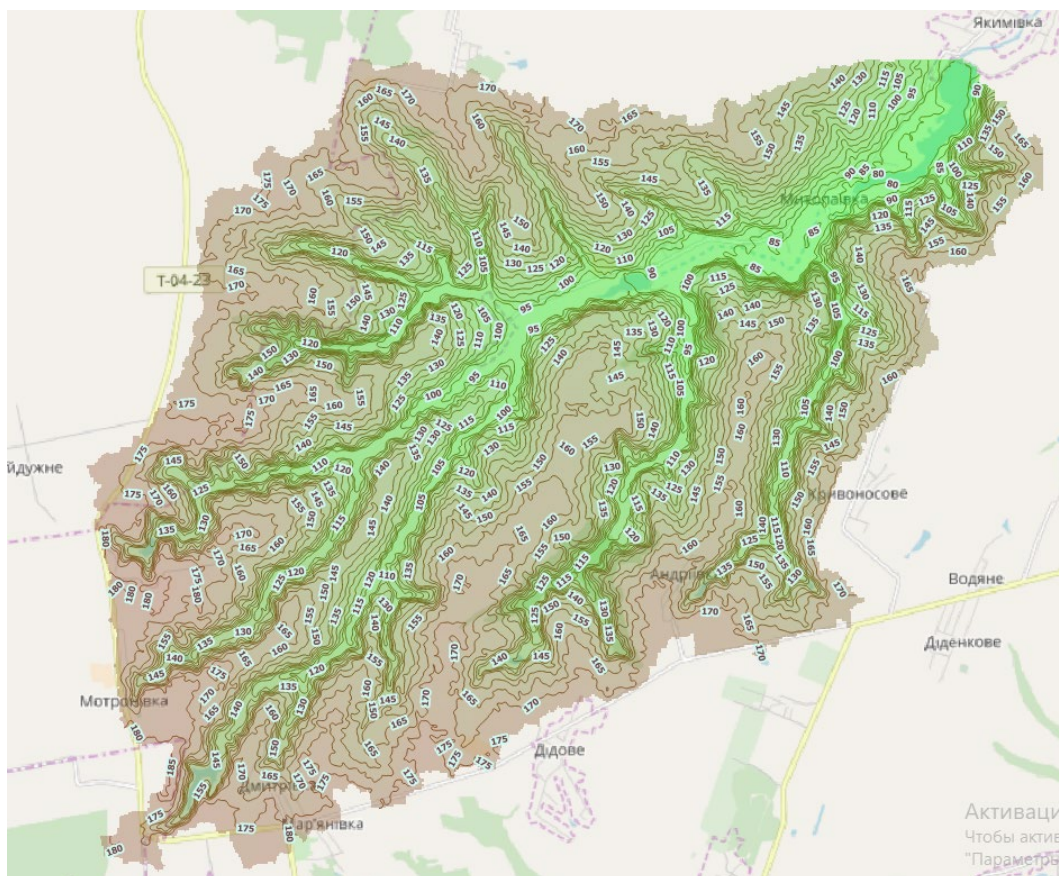


Рисунок 1.3 – Рельєф водозбору в горизонталях, QGIS

Відмітка поверхні води в створі греблі в районі проектування в меженний період становить 80 м . Довжина водозбору до проектної вісі земляної греблі – 19,3 км, середня ширина – 6,8 км. В цілому рельєф досліджуваної водозбірної площі – це хвиляста рівнина дуже розчленована балками .

Залісеність досліджуваної частини водозбору близька до середньої – 14%. Треба відмітити доволі великі масиви лісу в верхній частині водозбору, а також на крутих схилах, зокрема біля ставка в розрахунковому створі біля с. Якимівка (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Залісеність крутих схилів біля ставка [1]

Заболочені місця на водозборі зустрічаються тільки у нижній частині балок та в нижніх б'єфах існуючих гребель (2% площ). Суттєвого значення на акумуляцію стоку не мають. Тому заболоченість басейну прийнята в гідрологічних розрахунках рівною 0 %.

1.2 Коротка кліматична характеристика для району проектування

Клімат території розташування досліджуваного водозбору р. Домоткань є помірно-континентальним, з жарким та сухим літом і не дуже холодною зимою з безліччю відлиг на тривалими періодами з додатними температурами.

«Середньобогаторічна температура складає $+8,5^{\circ}\text{C}$, максимальна температура спостерігається в серпні і досягає $+41^{\circ}\text{C}$, мінімальна – в лютому і складає 33°C » [21, 10].

Середня тривалість безморозного періоду складає 190 днів. «Сума ефективних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ в середньому складає 1300°C , а вище $+5^{\circ}\text{C}$ – 2250°C » [21, 10].

За даними агрокліматичного довідника області, середні місячні характеристики основних кліматичних елементів по метеорологічній станції Дніпро наступні (табл.1.1).

Сніговий покрив нестійкий з нерівномірною потужністю по території. «Тривалість зберігання снігового покриву складає приблизно 75-85 днів» [4]. Малосніжні зими (сніговий покрив невеликий, в середньому 5 см), ґрунт промерзає на значну

глибину, часто більше одного метру. «Середня із максимальних глибин промерзання ґрунту дорівнює 60 см, найменша – 10 см, найбільша – 130 см» [4].

Таблиця 1.1 – Середньо-місячні значення основних кліматичних елементів. МС Дніпро [4, 10]

Елементи клімату	Місяць												Рік
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Температура повітря, °С	-5,4	-4,8	0,4	10,5	15,5	20,6	22,3	22,7	16,8	10,1	2,0	-3,1	8,5
Опади, мм	50	42	50	40	49	61	50	45	43	38	45	47	560
Максимальна швидкість вітру, м/с	20	17	20	24	20	18	16	22	18	17	18	17	24
Відносна вологість повітря, %	83	77	72	65	60	55	53	56	57	63	76	83	64
Випаровування з водної поверхні, мм	-	-	25	45	110	140	160	160	110	60	18	-	850

Середня річна швидкість вітру складає 4,0 м/с, найбільша – 24 м/с. «Ймовірність швидкості вітру більше 6 м/с за теплий період становить 19,8%. Переважають вітри східного і північно-східного напрямків» [4].

Річна норма опадів складає 550 мм, із них за теплий період – 300 мм, за холодний – 250 мм [4]. Найменша кількість опадів за місяць припадає на березень-квітень, найбільше – червень - липень. Літні опади мають зливовий характер, внаслідок чого їх використання для вегетації рослин невелике. Влітку також часто бувають суховії. Значний дефіцит вологості повітря в літній період приводить до великої недостатності вологи в ґрунті та нестійких врожаїв сільськогосподарських культур при незрошуваному землеробстві.

1.3 Інженерно-геологічні, гідрогеологічні умови та ґрунти в створі греблі

У геоструктурному аспекті територія проєктування розташована в межах південно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини. Геологічна будова району представлена відкладами архейського, протерозойського, палеозойського, мезозойського та кайнозойського віку [7]. Матеріали про геологічну та гідрогеологічну будову запозичені з основних джерел [7, 26, 25, 28].

На значній частині досліджуваної території (близько 67 %) рівень ґрунтових вод залягає на глибинах 5–10 м. Такі умови характерні переважно для вододільних плато та верхніх частин схилів. Мінералізація підземних вод становить у середньому близько 1 г/л, місцями підвищуючись до 1–3 г/л. За гідрохімічним складом переважають гідрокарбонатні та сульфатно-гідрокарбонатні води натрієво-кальцієвого і кальцієво-магнієвого типу.

Неогенові відклади представлені переважно породами сарматського ярусу, які складені піщаними та глинистими відкладами. Потужність цього комплексу змінюється в межах 28–50 м.

Нижньочетвертинні нерозчленовані відклади представлені червоно-бурими глинами, що залягають на глибинах 18–22 м. Потужність цих відкладів становить 17–25 м.

Четвертинні відклади представлені еолово-делювіальними суглинками, поширеними на вододільних поверхнях, а також алювіально-делювіальними суглинками, приуроченими до днищ балкових форм рельєфу [26]. Еолово-делювіальні суглинки формують суцільний покрив потужністю 20–25 м і перекривають сарматські та нижньочетвертинні глини. До їх складу входять відклади вофіловського, бугського, нерозчленованого кайдацько-прилуцького, дніпровського та завадівського горизонтів.

Водоносний горизонт алювіально-делювіальних відкладів розвинений у днищах балок і пов'язаний із перевідкладеними замуленими темно-сірими суглинками. Його потужність змінюється в межах 1,5–5,0 м. Мінералізація вод становить 1–3 г/л, а за хімічним складом переважають гідрокарбонатні води.

Живлення цього водоносного горизонту відбувається переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та перетоку ґрунтових вод з еолово-делювіальних відкладів.

Основними водовмісними породами є лесоподібні суглинки легкого, середнього та важкого механічного складу. Потужність водоносного горизонту коливається від 10 до 20 м. Його живлення додатково підтримується атмосферними опадами та зрошенням прилеглих сільськогосподарських угідь. Глибина залягання ґрунтових вод змінюється від 0,5 до 12 м. За гідрохімічними характеристиками переважають гідрокарбонатні та гідрокарбонатно-сульфатні води з мінералізацією 0,7–2,1 г/л. Коефіцієнт фільтрації становить близько 0,6 м/добу.

Ґрунтоутворюючими породами виступають еолово-делювіальні лесоподібні суглинки переважно середньо- та важкосуглинкового гранулометричного складу.

Породи території характеризуються значною пористістю (до 48 %), щільністю 1,44–1,53 г/см³ та загалом задовільними водопроникними властивостями. Значення коефіцієнта фільтрації становлять 0,35–0,53 м/добу.

Для більшої частини території характерний підвищений вміст карбонатів кальцію (11,1–15,7 %). У понижених формах рельєфу, зокрема в улоговинах стоку та блюдцеподібних западинах, його вміст знижується до 1,6–3,3 %, що свідчить про інтенсивніший промивний режим у цих умовах.

Відносно невисокі значення коефіцієнтів фільтрації зумовлені переважанням важкосуглинкових відкладів, що сприяє формуванню інтенсивного поверхневого стоку під час зливових опадів, особливо на ділянках із значними ухилами. У таких умовах можливий розвиток водної ерозії, що обумовлює необхідність впровадження комплексу протиерозійних та природоохоронних заходів.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ

Реалізація комплексу гідротехнічних заходів сприятиме більш раціональному використанню водних ресурсів, створить передумови для розвитку рибного господарства на базі ставка поблизу села Якимівка, а також позитивно вплине на гідрогеологічний і меліоративний стан прилеглих територій. Разом із тим будівництво водогосподарських об'єктів, зокрема водосховищ, може супроводжуватися низкою несприятливих наслідків. Тому під час планування та реалізації таких заходів необхідно всебічно оцінювати й враховувати можливі негативні фактори, що можуть впливати на природне середовище, земельні ресурси та водний режим території.

2.1. Характеристика сільськогосподарського використання земель на водозборі річки

Водозбірна площа досліджуваної частини р. Дюмоткань знаходиться на землях чотирьох територіальних громадах рад (рис. 2.1) – Лихівська , Дмитрівська , Водянська та Ганнівська. Провідною галуззю діяльності сільськогосподарських підприємств, розташованих на досліджуваній території, є рослинництво. У структурі посівних площ переважають зернові культури, які займають близько 40–50 %, тоді як кормові культури становлять 20–40 %. Вирощування останніх спрямоване на забезпечення потреб тваринницької галузі у якісній кормовій базі.

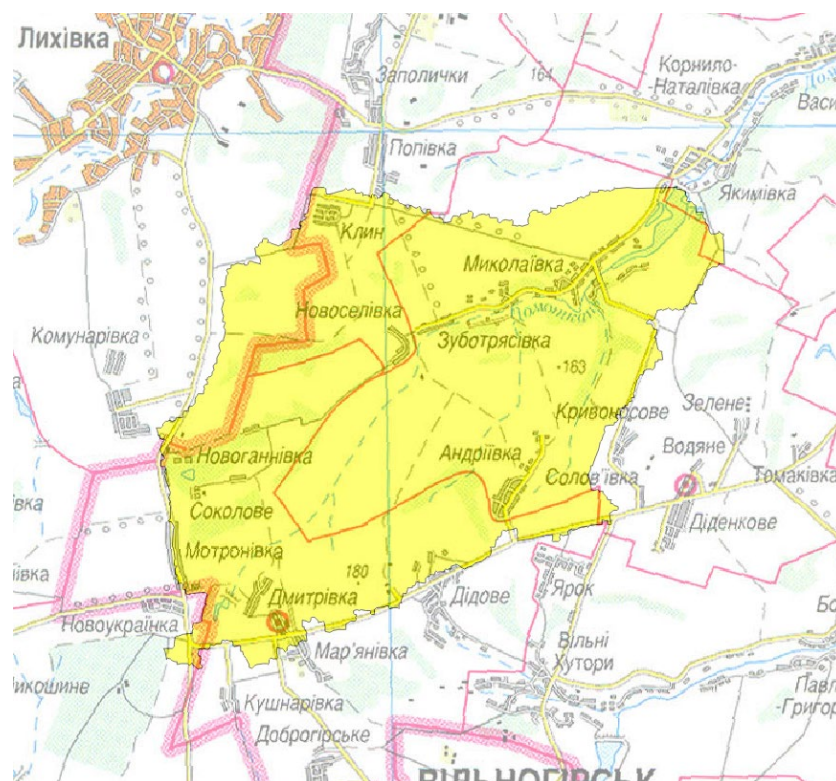


Рисунок 2.1 – Адміністративне розташування розрахункового водозбору р. Домоткань

Господарську діяльність на водозборі ведуть ряд крупних сільськогосподарських підприємств, та більше 30 фермерських господарств [3] :

В верхів'ях водозбору розташовані кар'єри добування піску (рис. 2.2, номер 1; рис.2.3) з глибиною врізу до 30 м, що здійснює суттєвий вплив на гідрогеологічні процеси та водообмін.



Рисунок 2.1 – Земельні угіддя на розрахунковому водозборі р. Домоткань, Google Earth

[1] : 1 – кар'єр, 2 – ліс, 3 – рілля



Рисунок 2.3 – Піщаний кар'єр біля с. Дідове, Google Earth [1]

Територія, яка підлягає затопленню внаслідок створення ставка, представлена малопродуктивними лучно-болотними угіддями з ознаками перезволоження, що раніше використовувалися переважно як пасовища для випасання худоби (рис. 2.2). Днище та

нижні частини балки значною мірою заросли чагарниковою та водно-болотною рослинністю.

Слід зазначити, що землі водного фонду, розташовані по периметру ставка в селі Якимівка, наразі не перебувають в орендному користуванні, що підтверджується даними Публічної кадастрової карти України (рис. 2.4). Відсутність належного утримання та своєчасного проведення експлуатаційних заходів призвела до суттєвого погіршення технічного стану гідротехнічних споруд, зокрема водоскидних конструкцій гідровузла, які нині перебувають у передаварійному стані

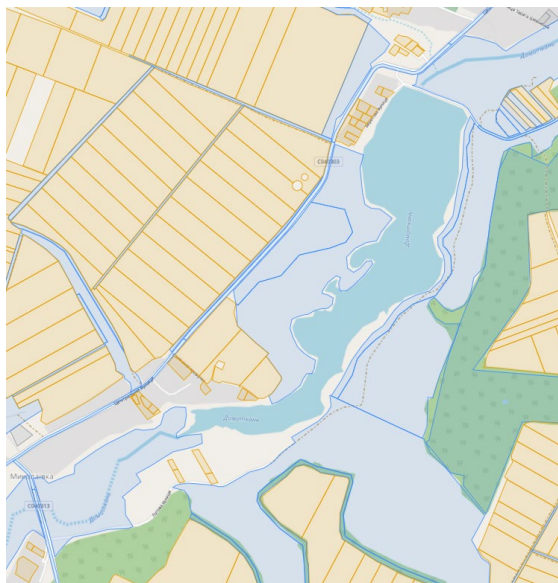


Рисунок 2.4 – Кадастровий номер акваторії ставка та його цільове призначення відсутній (<https://kadastrova-karta.com/>)

2.2 Необхідність обґрунтування конструкції водоскидної споруди ставка на річці Домоткань

Згідно з матеріалами фотофіксації (рис. 2.5), загальний технічний стан водоскидної споруди можна оцінити як відносно задовільний. Оголовок водоскиду оснащений сміттєзатримувальними решітками та оглядовим містком (фото верхнього ряду), що забезпечує можливість контролю за роботою споруди та своєчасного очищення від сторонніх предметів.

Разом з тим механічне обладнання донного водовипуску (фото верхнього ряду ліворуч) за зовнішніми ознаками перебуває в неробочому стані та потребує проведення ремонтно-відновлювальних робіт або повної реконструкції. Шахта водоскиду загалом зберегла експлуатаційну придатність, однак на окремих її ділянках спостерігаються тріщини, розкриття конструктивних швів та оголення арматурних елементів

залізобетонних конструкцій. Подальший розвиток зазначених дефектів може призвести до погіршення технічного стану споруди та зниження її пропускної спроможності.

Нижній б'єф водоскиду обладнаний типовим гасником енергії потоку і за результатами візуального обстеження перебуває у задовільному стані (фото верхнього ряду праворуч). Вихідна частина водопропускних споруд не має значних засмічень та заростання рослинністю, а конструктивні елементи гасника енергії, включаючи його устої, не виявляють суттєвих пошкоджень і можуть забезпечувати належне функціонування споруди в існуючих умовах експлуатації.



Рисунок 2.5 – Сучасний стан гідровузла та водоскиду на р. Домоткань в с. Якимівка

Особливу увагу під час обстеження привернув стан кріплення верхового укусу греблі. На значній частині її протяжності захисне кріплення зазнало руйнування або суттєвого пошкодження (фото нижнього ряду), що свідчить про необхідність проведення відновлювальних робіт та реконструкції даного елемента гідротехнічної споруди.

У ході польових робіт було виконано обміри водоскидної споруди в межах доступних для обстеження ділянок. Отримані результати використано для розроблення ескізів, підготовки інженерних креслень та виконання гідрологічних і гідравлічних розрахунків.

Таким чином, проведене рекогносцирувальне обстеження водоскидної споруди гідровузла засвідчило необхідність виконання детальних інженерних розрахунків з метою визначення її фактичної пропускної спроможності, оцінки технічного стану окремих конструктивних елементів та перевірки відповідності споруди чинним нормативним вимогам щодо безпечної експлуатації.

3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1. Визначення річного стоку для водозбору р. Домоткань

На території України мережа гідрологічних постів є недостатньо густою для безпосереднього визначення характеристик стоку малих річок і водозборів. У зв'язку з цим норму річного стоку для водозбірної площі річки Домоткань доцільно визначати за методиками, рекомендованими для умов відсутності або недостатності даних гідрологічних спостережень [16].

Під нормою річного стоку розуміють середнє багаторічне значення об'єму або шару стоку, розраховане за тривалий період спостережень, який охоплює не менше двох повних циклів коливань водності за умови відносної стабільності фізико-географічних характеристик водозбору [22]. Такий показник є однією з основних розрахункових характеристик, що використовується при виконанні гідрологічних та водогосподарських розрахунків.

«При відсутності гідрометричних спостережень величину норми стоку визначають за картою ізолій середнього багаторічного стоку» [16].

Методика визначення коефіцієнта варіації та об'єму стоку наведена в додатку А.

Для обґрунтування режиму експлуатації водосховищ і ставків необхідно враховувати не лише загальну величину річного стоку, а й особливості його внутрішньорічного розподілу за сезонами та окремими місяцями. Аналіз сезонної нерівномірності стоку дає можливість визначити періоди найбільшого надходження води та оцінити умови наповнення і спрацювання водойми.

При цьому слід враховувати, що для більшості малих річок і водозборів основна частина стоку формується під час весняного сніготанення, а також у періоди проходження дощових паводків. У меженний період водність водотоків істотно зменшується, а в окремі роки стік може бути незначним або взагалі відсутнім. Тому при виконанні водогосподарських розрахунків особливу увагу необхідно приділяти оцінці сезонного розподілу стоку та його забезпеченості в різні за водністю роки.



Рисунок 3.1 – Норма річного стоку для досліджуваного басейну р. Домоткань (виділено) [5]

Для прийнятих значень модуля стоку [5] $q_0=1,4 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$ (див. рис. 3,1) , коефіцієнта варіації з карти $C_v=0,75$ [25] (рис.3.2) визначаємо за формулою (3.1) коефіцієнт варіації.



Рисунок 3.2 – Коефіцієнт варіації річного стоку басейну р. Домоткань (виділено) [25]

$$\text{Маємо } C_v=(0,8/1,4^{-0,4})(131+1000)^{0,1}=2,02.$$

Для співвідношення C_v та $C_s=2,0C_v$ знаходимо величину модульного коефіцієнта річного стоку та розрахунки модуля (формула А.2) та об'єму стоку (формула А.3) в табл.3.1 для характерних значень вологозабезпеченості річного стоку.

Отже, в середній по водності рік об'єм стоку складе $1,4*131*31,5=5,8 \text{ млн. м}^3$.

За типовими схемами розподілу стоку всередині року для Нижньодніпровського гідрологічного району [25], в межах якого знаходиться досліджувана частина водозбіру р. Домоткань визначаємо внутрішньорічний розподіл стоку (табл. А.1).

Таблиця 3.1 Значення річного стоку з водозбору р. Домоткань ($F=131 \text{ км}^2$, $C_v=2,02$, $C_s=2,0C_v$)

Забезпеченість року, %	$K_p\%$	$q\%$, л/(с*км ²)	$W\%$, млн.м ³
1	9,8	13,72	56,62
5	5,0	7	28,89
10	2,6	3,64	15,02
Норма	1,00	1,4	5,777
50	0,2	0,28	1,155
75	0,025	0,035	0,144
90	0,001	0,0014	0,006

Як бачимо стік в половині років практично відсутній. Зокрема, витрата за рік 75% забезпеченості становить всього 3,5 л/с.

3.2. Визначення максимальної витрати весняної повені

Оскільки на водозборі балки систематичні гідрологічні спостереження за стоком не проводилися, визначення максимальних витрат води весняної повені виконувалося за методиками, рекомендованими для умов відсутності даних натурних спостережень. Такий підхід передбачає використання розрахункових залежностей і регіональних параметрів, наведених у чинних нормативних документах та методичних рекомендаціях для малих водозборів ДБН В.2.4-8:2014 [16] та довідника водних ресурсів [25]

Розрахункова максимальна витрата води весняного водопілля $Q_{p\%} \text{ м}^3/\text{с}$, щорічної вірогідності перевищення $P\%$ за формулою [23]

$$Q_{p\%} = [K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 / (A + A_1)^{n_1}] A, \quad (3.1)$$

Розшифровка формул максимального стоку наведена в додатку А.

Також там наведені методика та формули визначення складових ф-ли (3.1).

Отже, для досліджуваної гідротехнічної споруди – водоскиду шахтного типу, як для ГТС класу наслідків СС1, проведені розрахунки максимального стоку для $P=5\%$ - як для основного розрахункового випадку поєднання навантажень, та на $P=1\%$ - як для повірочного розрахункового випадку поєднання навантажень відповідно.

Враховуючи відмінність коефіцієнту варіації повені для досліджуваного водозбору в порівнянні з регіональним значенням, іншим буде і шар стоку повені $h_0' = 1,4 \cdot 30 = 42 \text{ мм}$.

Для визначення модульного коефіцієнту $K_{p\%}$ переходу від норми до заданої забезпеченості приймаємо значення коефіцієнту варіації C_v весняної повені з карти [16] $C_v = 1,21$. та з врахуванням площі водозбору $C_v^! = 1,21 \cdot 1,21 = 1,45$.

Маємо для $P=1\%$ -вої забезпеченості $K_{1\%} = 5,93$;

для 5% -вої забезпеченості – $K_{5\%} = 3,87$.

Тоді відповідні значення шару стоку весняної повені дорівнюють 250 та 160 мм.

Розрахункова максимальна витрата води весняного водопілля за наведеною вище формулою (3.1) дорівнює:

$$Q_{1\%} = [(0,017 \cdot 250 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55) / (131 + 10)^{0,35}] \cdot 131 = 54 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{5\%} = [(0,017 \cdot 160 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55) / (131 + 10)^{0,35}] \cdot 131 = 35 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Об'єм стоку повені 1% -вої забезпеченості визначається площею водозбору та шаром стоку, тобто $W_{1\%} = 131 \cdot 250 = 32,8 \text{ млн.м}^3$. Відповідно об'єм стоку повені 5% -вої забезпеченості $W_{5\%} = 131 \cdot 160 = 21,0 \text{ млн.м}^3$.

Отримані розрахункові характеристики стоку весняної повені не повністю узгоджуються з показниками середньорічного стоку (табл. 3.1). Зокрема, розраховані значення максимального стоку перевищують відповідні характеристики, визначені за річним стоком. З метою забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки гідротехнічних споруд у подальших розрахунках доцільно прийняти більші значення витрат води як розрахункові.

Такий підхід відповідає принципу консервативності при проєктуванні водогосподарських об'єктів і дозволяє врахувати можливі екстремальні умови формування поверхневого стоку на водозборі.

3.3. Визначення максимальної витрати дощового паводку

Розрахунок максимальних витрат дощового паводку проводиться за нормативною редуційною формулою [16], яка має вид

$$Q_{P\%} = q_{200} \left(\frac{200}{F} \right)^n \lambda_p \delta_1 \delta_2 F, \quad (3.2)$$

Розшифровка формули максимального стоку паводку та її складових наведені в додатку А.

Модуль максимальної витрати дощового паводку при відсутності спостережень визначається по карті ізоліній, викопіровка запозичена з [5] (рис.3.3). Для центру водозбору (точка на рис.3.3) максимальний модуль для площі 200 км^2 має значення q_{200}

$=0,26 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$. Показник редукції визначається по карті ізоліній [25], $n=0,6$.
 Перехідний коефіцієнт $\lambda_{p\%}$ від ймовірності перевищення 1% до ймовірності 5% [16] $\lambda_{p\%} = 0,48$.

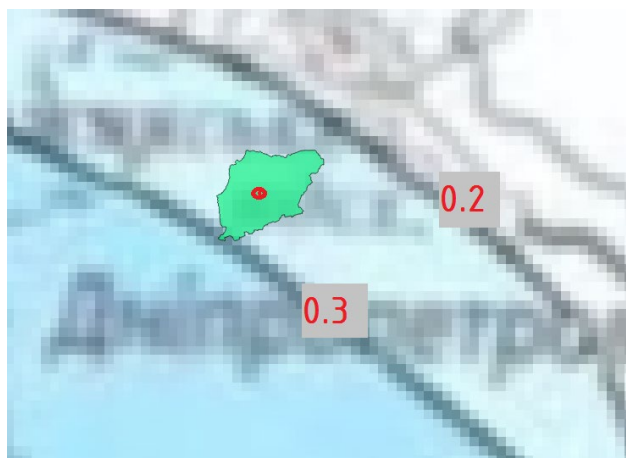


Рисунок 3.3 – Модуль максимального дощового стоку q_{200} [5]

Обчислюємо розрахункову витрату 5% забезпеченості

$$Q_{5\%} = 0,26 * 0,48 * 1 * 1 * 131 * (200/131)^{0,6} = 21 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Об'єм дощового паводка із забезпеченістю 5 % визначають на основі шару стоку відповідної ймовірності перевищення. Значення шару опадового стоку для центра водозбору, визначене за картою ізоліній, становить $h_{1\%} = 15 \text{ мм}$.

Отриману з картографічних матеріалів величину шару стоку уточнюють шляхом введення поправочного коефіцієнта, який враховує площу водозбору та розрахункову забезпеченість. Застосування цього коефіцієнта дозволяє скоригувати вихідні дані з урахуванням місцевих умов формування стоку та забезпечити більш точне визначення об'єму дощового паводка.

$$\text{Тоді шар стоку дощового паводку } h_{5\%} = 15 * 0,48 * 1 = 7,2 \text{ мм}.$$

$$\text{Об'єм стоку паводка } W_{5\%} = 7,2 * 131 = 0,9 \text{ млн.м}^3.$$

Аналогічно визначимо витрату і об'єм стоку 1%-вої забезпеченості:

$$Q_{1\%} = 0,26 * 1 * 1 * 1 * 131 * (200/131)^{0,6} = 44 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$W_{1\%} = 15 * 131 = 2 \text{ млн.м}^3$$

Слід зазначити, що розрахункові значення витрат і об'ємів стоку прийняті з певним округленням до кратних величин, оскільки в сучасних умовах ці параметри можуть розглядатися як відносні. Крім того, спостерігаються тенденції до зменшення характеристик весняного стоку, тоді як інтенсивність і роль дощового стоку, навпаки, мають тенденцію до зростання.

Таким чином, для подальших розрахунків, пов'язаних з обґрунтуванням геометричних параметрів та забезпеченням експлуатаційної надійності водоскидної споруди, у якості розрахункових прийнято максимальні витрати, характерні для весняної повені.

.

4. ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ

Управління водними ресурсами передбачає регулювання стоку, під яким розуміють штучний перерозподіл природного, зазвичай нерівномірного в часі, річкового стоку відповідно до режиму водокористування та водоспоживання [22]. Такий процес здійснюється з різними цілями, у різні часові періоди та в умовах неоднакових природних характеристик водозборів.

У випадках, коли надходження води в річці перевищує потреби водоспоживання, надлишковий об'єм акумулюється у спеціально створених ємностях — водосховищах. У періоди дефіциту водних ресурсів, коли витрати перевищують притік, здійснюється спрацювання водосховища, тобто використання накопиченого запасу води.

Під віддачею водосховища розуміють цілеспрямований забір води з його об'єму для господарських потреб. Це є одним із ключових технічних заходів як для раціонального використання водних ресурсів, так і для зменшення негативних наслідків повеней [22].

Основними регуляторами стоку виступають водосховища, які, з одного боку, забезпечують значний позитивний ефект для різних галузей господарства, а з іншого — можуть спричиняти певні негативні наслідки. У зв'язку з цим особливого значення набуває врахування умов та ефективних економічно обґрунтованих підходів до регулювання стоку.

За результатами досліджень Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем встановлено, що в середньому по Україні втрати води на додаткове випаровування з поверхні ставків і водосховищ становлять близько 1 млрд м³ у середньоводні роки та 1,2–1,4 млрд м³ у маловодні роки. Це відповідає приблизно 20 % сумарного корисного об'єму штучних водойм або близько 7 % загальних водних ресурсів держави [18].

4.1. Оцінка зарегульованості стоку в розрахунковому створі р. Домоткань

На досліджуваній частині водозбору р. Домоткань (див. рис. 2.1) вже збудовані земляні греблі, окрім об'єкту дослідження ще 3 ставки. Проте вони мають малу площу водного дзеркала і в регулюванні стоку практично не беруть участі. Тому зарегулювання стоку на водозборі оцінено за ставком біля с. Якимівка.

Регулююча ємність водосховища здатна істотно зменшити пікові витрати води на проєктованому гідровузлі. Це, у свою чергу, призводить до зниження гідравлічного навантаження на водоскидні споруди та підвищує загальну надійність їх роботи.

З аналізу даних ресурсу «Google Планета Земля» (рис.1,5) площа водного дзеркала ставка біля Якимівки становить 104 га при розрахунковому нормальному підпірному горизонті НПГ=79,0 м.

Для визначення величини регулюючої ємності було використано цифрову модель рельєфу (ЦМР) SRTM 30, яка була оброблена із застосуванням геоінформаційної системи QGIS. У процесі аналізу здійснювалося виділення територій із відмітками, нижчими за задану розрахункову горизонталь, що дозволило сформувати растрові шари дзеркала води для відповідних рівнів (рис. 4.1).

На основі отриманих даних побудовано криву залежності «витрата–напір» (Q–H). У середовищі QGIS, із використанням просторової роздільної здатності 30 м, також виконано побудову плану в горизонталях із висотним перерізом 2 м. На цій основі визначено площі затоплення, що відповідають різним відміткам рівня води у водосховищі.

Отримані результати дозволили сформувати залежності між рівнями води та площами дзеркала водосховища, які надалі використані для розрахунку регулюючої ємності.

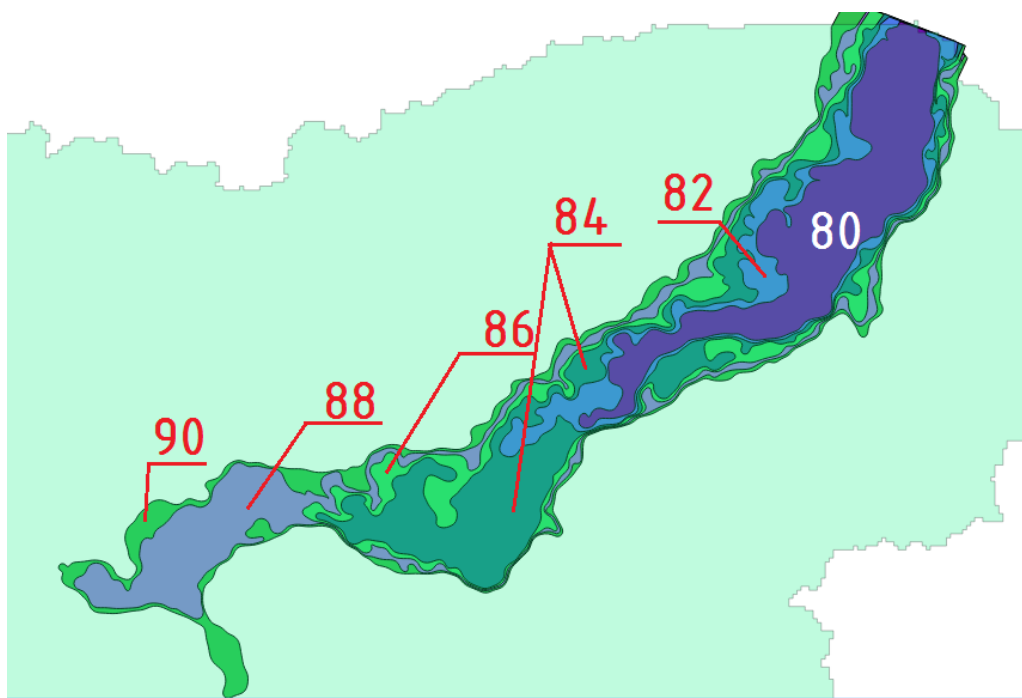


Рисунок 4.1 – Площі затоплення ложе ставка на задану горизонталь, QGIS

Для побудови топографічних характеристик, що являють собою криві залежності об'єму ставка, площі водного дзеркала та середньої глибини ставка від горизонту води в ставку, відповідно ($V=f(H)$), ($w=f(H)$) ($h_{\text{сер}}=f(H)$), використані дані моделювання затоплення в створі греблі та встановлені ряд показників, зокрема:

Часткові об'єми, що знаходяться між сусідніми горизонталями, знаходимо за формулою об'єму призми

$$\Delta V_i = (\omega_i + \omega_{i+1}) \cdot \Delta h / 2, \quad (4.1)$$

а перший від дна частковий об'єм - за формулою зрізаного параболоїда

$$\Delta V_1 = 0,67 \cdot \omega_1 \cdot \Delta h, \quad (4.2)$$

де ω_i та ω_{i+1} - площі дзеркала водосховища, які відповідають відміткам поверхні води h_i та h_{i+1} ; Δh - різниця між суміжними відмітками горизонталей, м.

«Середню глибину ставка визначаємо як відношення об'єму його до площі водного дзеркала на відповідних горизонтах» [23].

Розрахунок топографічних характеристик для верхнього б'єфу від розрахункового створу наведений в табл.4.1.

За даними топографічні характеристики (табл.4.1) побудовані графіки залежності ($V=f(H)$), ($w=f(H)$) та $h_{\text{сер}}=f(H)$) в прямокутній системі координат, що зображені на рис.4.2.

Таблиця 4.1 – Топографічні характеристики ставка по створу греблі біля с. Якимівка

Відмітка, м,абс	Площа водн,дзерк, млн,м ²	Сер, площа водн,дзерк, млн,м ²	Різниця відміток, м	Частковий об'єм, млн,м ³	Об'єм вдсх, млн,м ³	Середня глибина, м
74	0,000				0,000	0
		0,025	0,5	0,017		
74,5	0,050				0,017	0,335
		0,100	0,5	0,050		
75	0,150				0,067	0,45
		0,250	1	0,250		
76	0,350				0,317	0,91
		0,450	1	0,450		
77	0,550				0,767	1,39
		0,665	1	0,665		
78	0,780				1,432	1,84
		0,910	1	0,910		
79	1,040				2,342	2,25
		1,160	1	1,160		
80	1,280				3,502	2,74
		1,540	2	3,080		
82	1,800				6,582	3,66
		2,425	2	4,850		
84	3,050				11,432	3,75

		3,330	2	6,660		
86	3,610				18,092	5,01
		4,105	2	8,210		
88	4,600				26,302	5,72
		4,915	2	9,830		
90	5,230				36,132	6,91

За даними ресурсу Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області відмітка гребня греблі ставка складає 82 м. При допустимому форсованому напорі в 1,5 м (відмітка 80,5 м), об'єм водосховища склав 4,2 млн. м³, а відповідно максимальний об'єм регулювання стоку склав 1,8 млн. м³. Такий об'єм регулювання складає всього 5,6% та 8,5% максимального стоку весняного водопілля відповідно 1%-но та 5%-вої забезпеченості відповідно. Буде врахований, як фактором зниження максимальної витрати при розрахунку трансформованого гідрографа та встановлення максимальної добової зарегульованої витрати розрахункової забезпеченості.

Масштаб площі водного дзеркала на кривій 4:1, масштаб середніх глибин також 4:1.

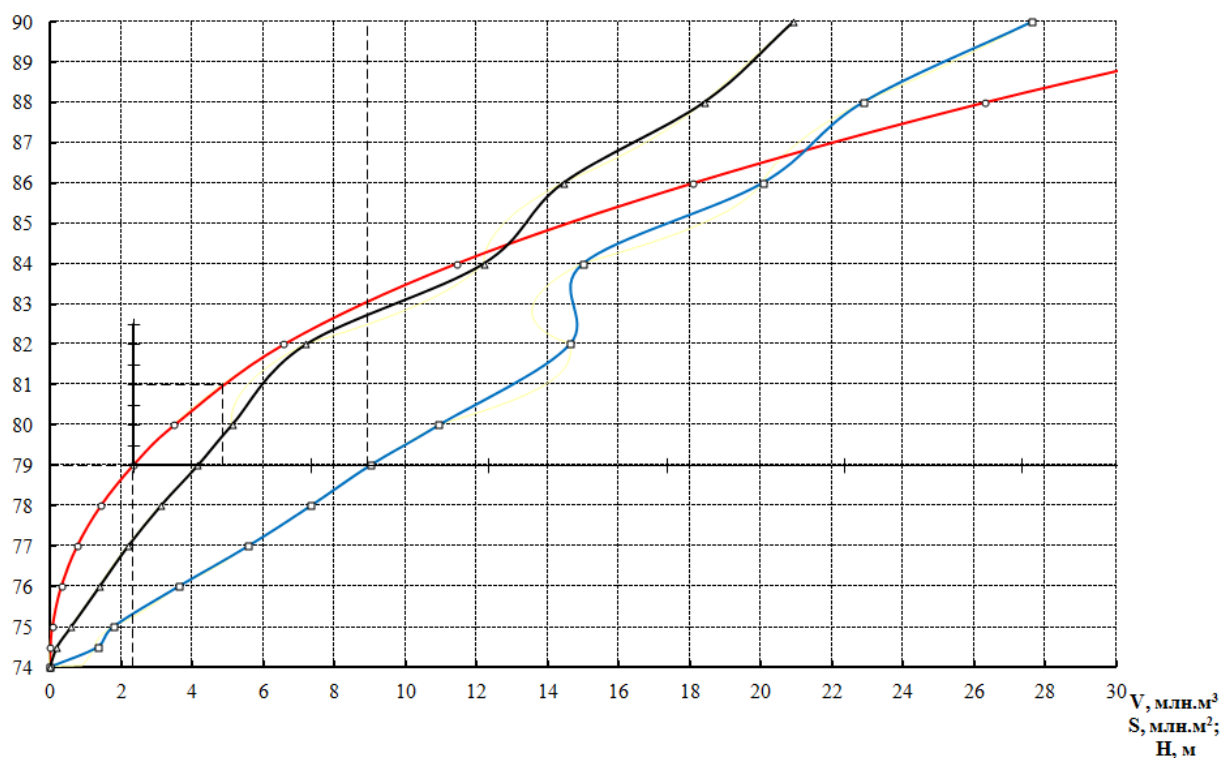


Рисунок 4.2 – Топографічні характеристики ставка на р. Домоткань

4.3. Розрахунок трансформації максимального стоку

Як правило, розрахункові гідрографи формують на основі рівноймовірних значень об'ємів повені (паводку) та максимальних витрат води [22]. Такі гідрографи є базовою вихідною інформацією при проектуванні гідровузлів і водоскидних споруд.

Під час проєктування необхідно мати дані щодо можливого притоку води до водосховища в періоди весняної повені та дощових паводків. Аналіз цих гідрографів дозволяє визначити максимальні витрати, оцінити обсяг акумуляції стоку у водосховищі, а також встановити характер трансформації гідрографа в процесі його проходження через водогосподарську систему.

У результаті такого аналізу визначається ступінь зменшення пікових витрат, що є важливим показником ефективності регулюючої здатності водосховища та надійності роботи водоскидних споруд.

Гідрографи максимального стоку будують за середньодобовими витратами $\bar{Q}_p$, які «визначають шляхом ділення розрахункової миттєвої (максимальної) витрати на коефіцієнт K_τ » [22]

$$\bar{Q}_p = Q_p / K_\tau, \quad (4.3)$$

де Q_p - миттєва витрата, м³/с;

K_τ - перехідний коефіцієнт від миттєвих витрат до середніх добових.

Для розрахункового водозбору площею 131 км² цей коефіцієнт становить $K_\tau = 1,8$.

Отже маємо зниження середньодобових витрат в порівнянні з миттєвими: середньодобова витрата для весняної повені 1% та 5%-вої забезпеченості становить

$$\bar{Q}_p (1\%) = 54 / 1,8 = 30 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\bar{Q}_p (5\%) = 35 / 1,8 = 20 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для річок з площею водозбору до 200 км² тривалість підйому повені розраховують за формулою

$$t_n = \beta' \lambda h_{p\%} / q_{p\%}, \quad (4.4)$$

де β' - коефіцієнт, що приймається при розрахунках тривалості підйому повені в годинах - 0,28, в хвилинах - 16,7.

$h_{p\%}$ - шар стоку весняної повені, що для району проєктування для забезпеченості 1%-ої дорівнює 190 мм;

$q_{p\%}$ модуль середнього добової максимальної витрати весняної повені, що визначаємо за формулою

$$q_{p\%} = 1000 \cdot Q_{\max P\%} / F, \quad (4.5)$$

де F – площа водозбору, км².

Тоді $q_{P\%}(1\%) = 1000 \cdot 30 / 131 = 229 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)}$.

$q_{P\%}(5\%) = 1000 \cdot 20 / 131 = 153 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)}$.

Маємо $t_{n1\%} = 16,7 \cdot 0,4 \cdot 248 / 229 = 7 \text{ діб}$.

$t_{n5\%} = 16,7 \cdot 0,4 \cdot 162 / 153 = 7 \text{ діб}$.

Детального розрахунку трансформації весняної повені ставком робити немає сенсу, оскільки це не вплине на вибір типу і конструкції водоскидної споруди.

Регулюючи ємність $V_{рег}$ визначаємо за топографічними характеристиками (див. рис.4.2), яка становить $1,8 \text{ млн. м}^3$. Об'єм стоку весняної повені 1%-вої забезпеченості становить $W_{1\%} = 32,5 \text{ млн. м}^3$, а 5%-вої забезпеченості становить $W_{5\%} = 21,2 \text{ млн. м}^3$ (див. табл. 3.1).

Максимальну трансформовану витрату весняної повені знаходимо за формулою

$$q_{\max P\%} = Q_{\max P\%} \cdot \left(1 - V_{рег} / W_{P\%}\right). \quad (4.6)$$

Маємо $q_{\max P\%}(1\%) = 30 \cdot (1 - 1,8 / 32,5) = 28,3 \text{ м}^3/\text{с}$.

$q_{\max P\%}(5\%) = 20 \cdot (1 - 1,8 / 21,2) = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}$.

Отже максимальне значення трансформованої витрати 5% складе $18 \text{ м}^3/\text{с}$ (табл.4.2). На цю витрату (5%) проектують водоскид.

Таблиця 4.2 – Максимальні витрати води в створі греблі с. Якимівка

Забезпеченість максимальної витрати Р,%	Розрахована середньодобова витрата, м³/с				Об’єм стоку повені, млн. м³
	повінь		дощовий паводок		
	розрахункова	зарегульована	розрахункова	зарегульована	
5%	20	18	12	-	21,2
1%	30	28	24	-	32,5

Розрахунками встановлено, що максимальне значення трансформованої витрати 1% складає близько $28 \text{ м}^3/\text{с}$. На цю витрату будуть перевірені розраховані на 5%-ву витрату водоскидні споруди греблі.

5. КОНСТРУКЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ВОДОСКИДНОЇ ТА ВОДОСПУСКНОЇ СПОРУД ГІДРОВУЗЛА

Водоскидні споруди призначені для пропуску з водосховища (ставка) у нижній б'єф частини витрат весняних повеней або дощових паводків. При цьому певна частина паводкового об'єму тимчасово акумулюється в межах форсованого рівня водосховища, що забезпечує зменшення пікових витрат у нижньому б'єфі.

З урахуванням того, що закриті руслові водоскиди повинні обов'язково влаштовуватися на основі ґрунтової основи, а висота греблі не перевищує 10 м, застосування шахтного типу закритого водоскиду у складі гідровузла на річці Домоткань є технічно обґрунтованим і доцільним рішенням.

5.1 Опис конструкції шахтного водоскиду гідровузла

Опис конструкції водоскиду виконано на основі результатів рекогносцирувального обстеження об'єкта проєктування (див. рис. 2.5), а також за даними орієнтовних натурних вимірювань елементів споруди, здійснених за допомогою рулетки та методом візуально-інструментального визначення відміток і перевищень елементів гідровузла.

Для уточнення геометричних параметрів водовідвідної труби, гасника енергії та просторового розташування водоскиду в плані додатково використано матеріали сервісу Google Earth, результати якого наведено на рис. 5.1. Застосування цього ресурсу дозволило уточнити планові розміри споруди з точністю до десятків сантиметрів, що є достатнім для попередніх інженерних розрахунків та схемних рішень

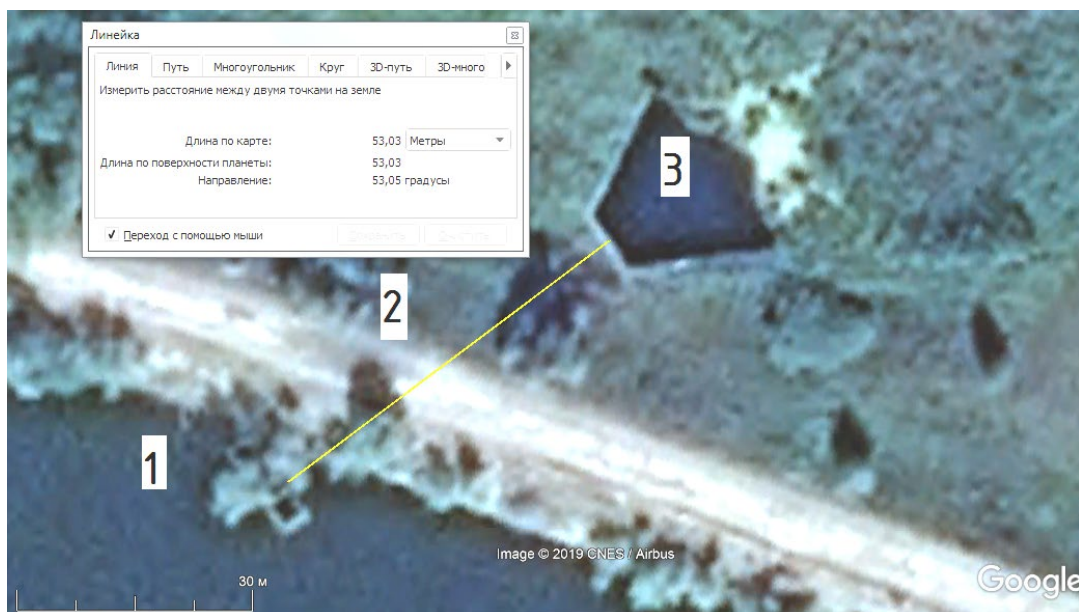


Рисунок 5.1 – План водоскидної споруди (Google Earth): 1 – оголовок шахтного (ковшового) водоскиду; 2 – вісь водовідвідної труби; 3 – раструбний гасник енергії

Конструкція оголовка шахти (рис. 5.2) представлена прямокутним водозливом із тонкою стінкою, внутрішня ширина якого становить 2,0 м, а довжина — 8,8 м. Товщина стінок конструкції дорівнює 0,40 м. Глибина шахти не перевищує 2,0 м.

Оголовок обладнаний двоступеневою сміттеутримувальною решіткою (позиція 3), призначеною для затримання як крупного плаваючого сміття, так і дрібніших фракцій (сітка з розміром чарунки 40 мм). Крім того, конструкцією передбачено оглядовий місток (позиція 2) та встановлення підйомного механізму для керування донним водовипуском (позиція 1).

Загалом оголовок має типовий конструктивний вигляд для шахтних водоскидів, суміщених із донними водоспусками, і відповідає поширеним інженерним рішенням для споруд подібного типу.

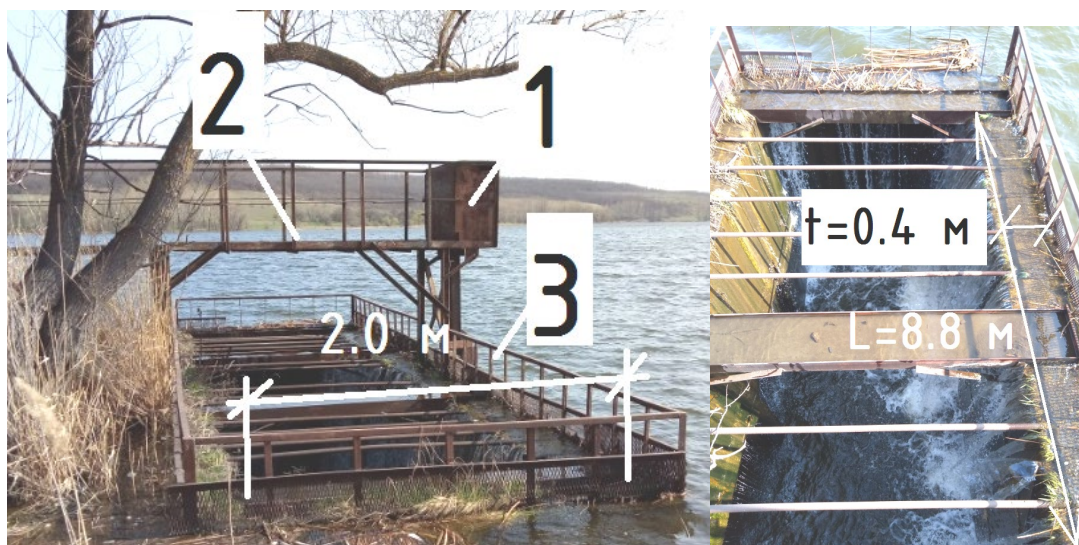


Рисунок 5.2 – Внутрішні розміри шахти водоскиду

Транзитна частина водоскиду виконана у вигляді трубчастої чотирикоміркової конструкції (рис. 5.3). У поперечному перерізі споруда має квадратну форму. Формування окремих комірок здійснено шляхом улаштування лотка, розділеного поздовжніми перегородками на чотири рівні частини.

Розміри кожної комірки становлять $2,0 \times 2,0$ м, товщина роздільних стінок — 0,40 м. Поздовжній ухил трубчастої частини прийнято рівним 0,05. Рівень води у трубі з боку нижнього б'єфа створює підпір із глибиною приблизно 0,8 м.

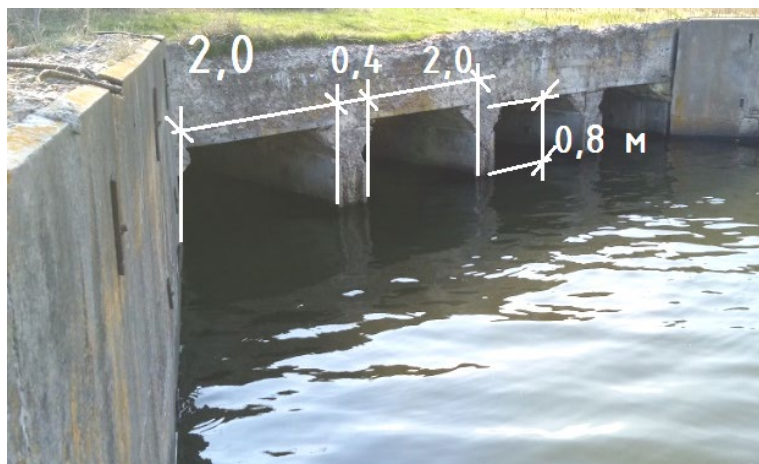


Рисунок 5.3 – Конструкція вихідного оголовка транзитної частини водоскиду. Вид зі сторони гасника енергії.

Гасник енергії виконаний за типовим рішенням для шахтних водоскидів і являє собою раструбну залізобетонну конструкцію з розташованими всередині шашковими залізобетонними блоками, що забезпечують гасіння кінетичної енергії потоку.

Під час огляду встановлено, що зазначені гасильні блоки перебувають у затопленому стані, що свідчить про те, що висота конструкції не перевищує 1,0 м. Геометричні параметри гасника уточнено із застосуванням даних сервісу Google Earth; відповідні розміри наведено на рис. 5.4.

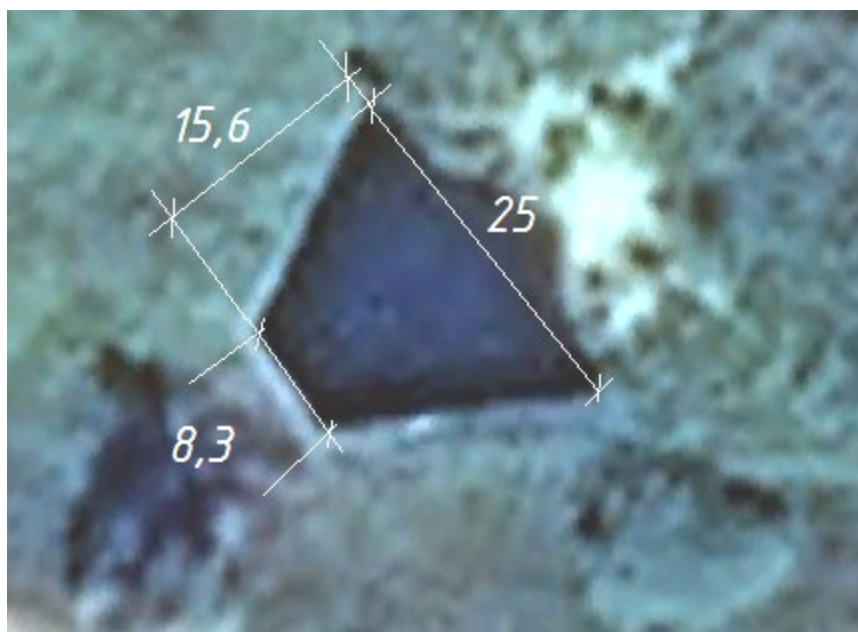


Рисунок 5.4 – Планова компоновка гасника енергії водоскиду. Розміри в метрах.
Google Earth

Планове розташування водоскидної споруди показано на рис.5.5 і визначене з ресурсу Google Earth.

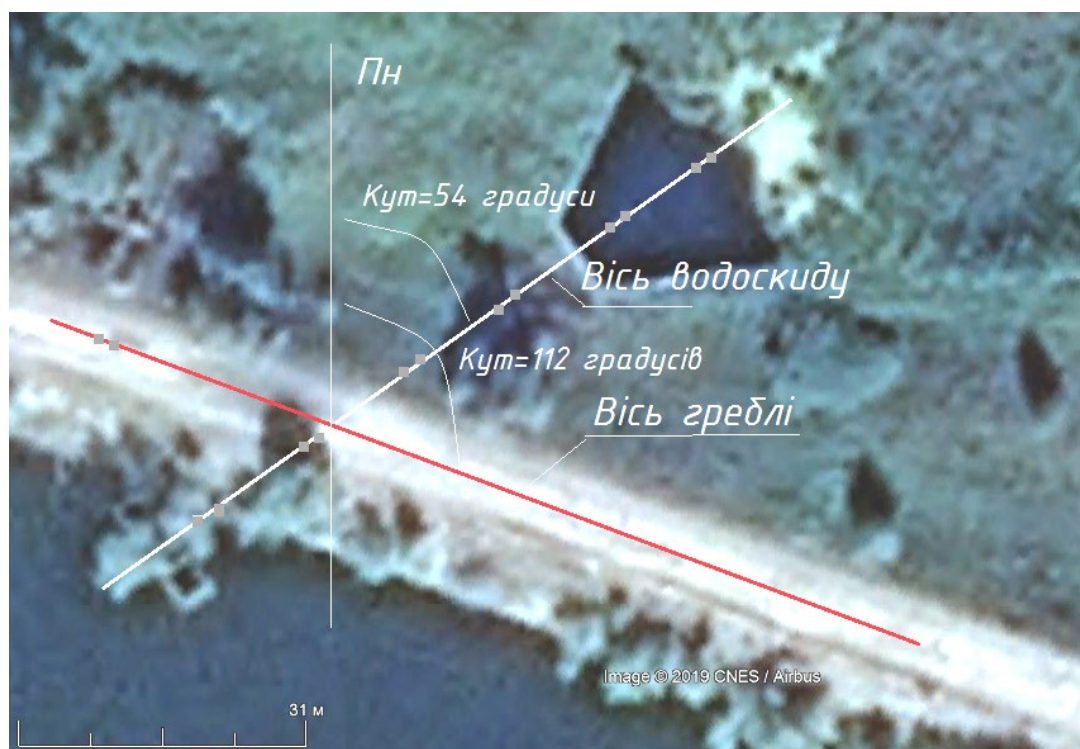


Рисунок 5.5 – Планове розташування водоскидної споруди гідровузла на р. Домоткань біля с. Якимівка

Визначені розміри є основою для обґрунтування пропускної здатності шахтного (ковшового) водоскиду.

5.2 Гідравлічний розрахунок водоскиду

Оскільки розрахункове значення трансформованої максимальної витрати весняної повені 1%-вої забезпеченості приблизно у 1,5 раза перевищує витрату 5%-вої забезпеченості, водоскидну споруду доцільно перевірити на пропускну здатність для обох розрахункових випадків.

Необхідність окремого проєктування аварійного водоскиду потребує додаткового обґрунтування. Як правило, як аварійний елемент може бути передбачений поверхневий водоскид, розташований через гребінь греблі.

Гідравлічний розрахунок шахтного водоскиду передбачає визначення його пропускну здатності, швидкостей течії та тисків у характерних перерізах, а також умов спряження потоку в нижньому б'єфі. Геометричні параметри споруди мають забезпечувати пропуск розрахункової паводкової витрати при максимальному рівні води у водосховищі, що відповідає форсованому підпірному горизонту (ФПГ) заданої забезпеченості.

Вихідними даними для розрахунків є максимальна витрата весняної повені 5%-вої забезпеченості (для гребель класу СС1) з урахуванням її трансформації водосховищем q_{tr} , а також розрахунковий напір на водозлив, який визначається як різниця рівнів води у верхньому та нижньому б'єфах.

Додатково враховуються максимальна зарегульована витрата повені Q_{max} 5%-вої забезпеченості, напір на водозлив (різниця між ФПГ та НПГ), об'єм паводку заданої забезпеченості W_p та регулюючий об'єм водосховища, визначений за результатами гідрологічних розрахунків.

Усі вихідні параметри встановлені на основі гідрологічних і водогосподарських розрахунків, а також даних рекогносцирувального обстеження, використаних для уточнення конструктивних розмірів водоскидної споруди.

Таким чином, форсований напір, прийнятий у межах різниці між ФПГ та НПГ, становить 1,5 м. За цих умов регулюючий об'єм водосховища складає 1,8 млн м³, а розрахункова зарегульована витрата весняної повені 5%-вої забезпеченості дорівнює 18 м³/с.

Для розрахунку довжини водозливного фронту (периметра) застосовується формула

$$b = \frac{Q_r}{m \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}}, \quad (5.1)$$

де Q_r - розрахункова зарегульована витрата, м³/с;

m - коефіцієнт витрати водосливу;

H - напір на водозлив, м.

Оскільки геометричні параметри водозливного периметра відомі, виникає необхідність визначення максимальної пропускної здатності вхідного перерізу. Для цього, з урахуванням фактичного стану споруди та її конструктивних особливостей, уточнюється значення коефіцієнта витрати m .

За умов розрахункового напору 1,5 м та товщини стінки 0,4 м оголовка водоскиду може бути розглянутий як водозлив із тонкою стінкою. Така схема роботи дозволяє застосовувати відповідні залежності для визначення витрати через водозлив та оцінки його пропускної спроможності в розрахункових умовах експлуатації.

Розрахункова схема визначення пропускної здатності водоскиду показана на рис.5.6.

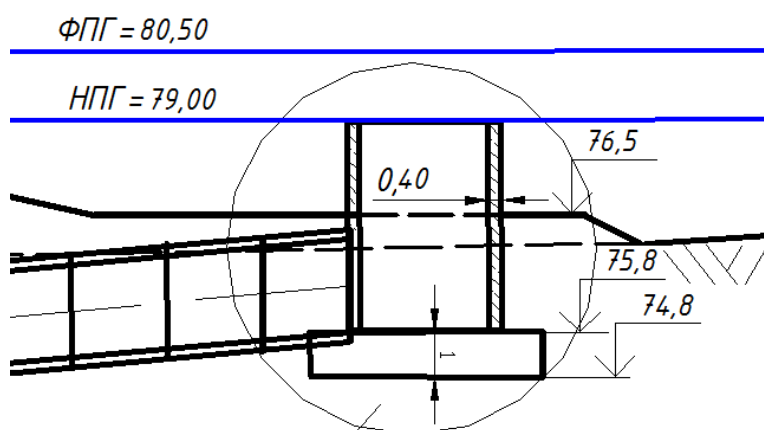


Рисунок 5.6 – До розрахунку вхідного оголовка водозливу

Коефіцієнт витрати визначимо за формулою Базена [27] з врахуванням сучасних рекомендацій [27]

$$m = 0.405 + 0.054H/P, \quad (5.2)$$

де P – висота водозливу, м.

Висоту оголовка приймаємо з умови незатопленого режиму роботи, за якого максимальний рівень води в шахті має бути нижчим від гребеня водозливу на 0,5 м. Додатково необхідно врахувати звуження потоку, спричинене сміттеутримувальною решіткою та можливим накопиченням плаваючих наносів у зоні її роботи.

Площа решітки становить близько 5 % від площі водозливного фронту. З урахуванням імовірного засмічення додатково приймається зменшення ефективної пропускної площі ще на рівні до 20 % від цього фронту. У кутових зонах прямокутного водозливу відбувається природне стиснення потоку, що зумовлює зменшення ефективної

довжини периметра приблизно на 2–2,5 м; для розрахунків приймаємо еквівалентне скорочення близько 1,2 м.

Таким чином, при загальному периметрі оголовка 20 м та розрахунковому напорі 1,5 м (різниця між ФПГ і НПГ) площа водозливного фронту становить: $20 \times 1,5 = 30 \text{ м}^2$.

З урахуванням 25 % втрат ефективної площі (вплив решітки, засмічення та місцевого стиснення) додаткове зменшення становить близько 7,5 м². У перерахунку на довжину периметра це відповідає приблизно 5 м умовного скорочення. З урахуванням кутових ефектів сумарне бокове стиснення приймається на рівні 6,2 м.

Тоді уточнене значення коефіцієнта витрати визначимо за формулою Еглі [27]

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H} - 0,03 \frac{B - b}{B} \right) \cdot \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H + P_b} \right)^2 \frac{b^2}{B^2} \right] \quad (5.3)$$

Розрахунок

$$m = (0,405 + 0,0027/1,5 - 0,03(20 - 13,8)/20) \cdot (1 + 0,55(1,5/(1,5 + 0,5))^2(13,8^2/20^2)) = 0,456.$$

Таким чином, пропускна здатність оголовка водоскиду за умови незатопленого режиму роботи визначається довжиною водозливного фронту та величиною напору. Відповідні залежності та розрахункові параметри наведені на рис. 5.7.

При виконанні розрахунків також враховано змінний характер коефіцієнта витрати залежно від величини напору, значення якого подано в табл. 5.1. Такий підхід дозволяє більш коректно оцінити пропускну здатність водоскидного оголовка в усьому діапазоні розрахункових рівнів води.

Таблиця 5.1 – Визначення пропускної здатності водоскиду

Коефіцієнт витрати m	Витрата Q, м ³ /с	Напір H, м	Розрахункова висота водозливу P, м	Периметр водозливного фронту B, м	Периметр з врахуванням зжимання бокового b, м
	0	0	0,5	20	13,8
0,418	2,3	0,2	0,5	20	13,8
0,423	6,5	0,4	0,5	20	13,8
0,431	12,3	0,6	0,5	20	13,8
0,439	19,2	0,8	0,5	20	13,8
0,445	27,2	1	0,5	20	13,8
0,450	36,2	1,2	0,5	20	13,8
0,454	46,0	1,4	0,5	20	13,8
0,458	56,6	1,6	0,5	20	13,8

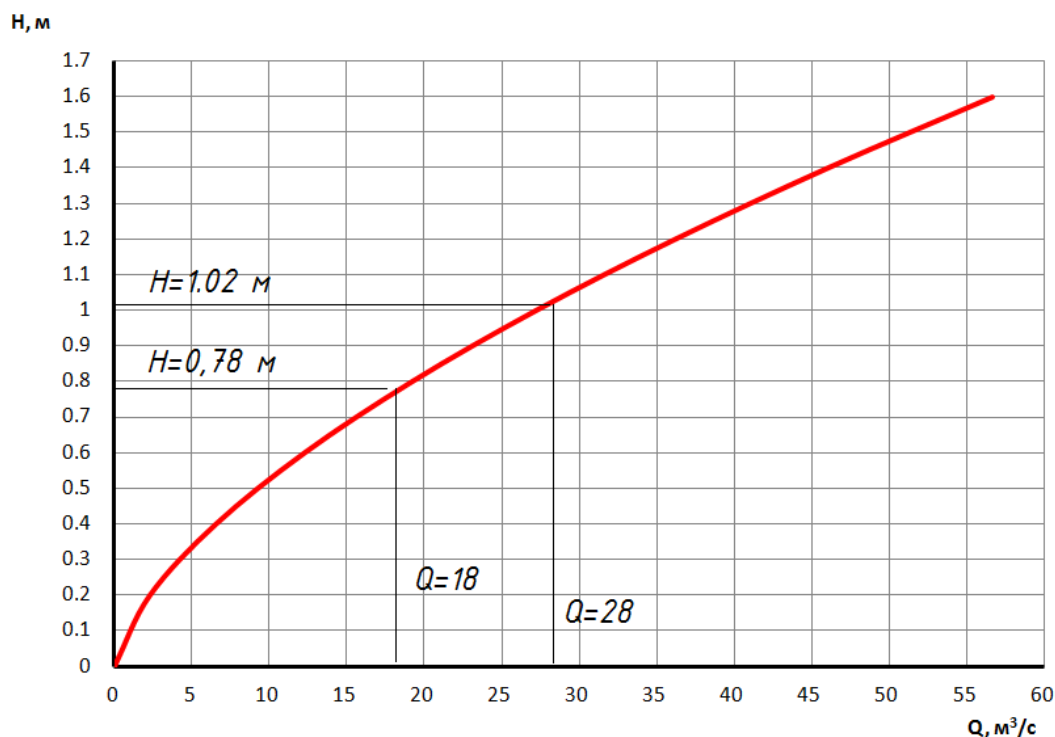


Рисунок 5.7 – Пропускна здатність оголовка шахтного водоскиду

Розрахунки показали, що пропуск зарегульованої витрати весняної повені 1%-вої забезпеченості забезпечується при напорі 1,02 м, що відповідає прийнятим умовам проєктування. При цьому розрахунковий форсований підпірний горизонт становить $\text{ФПГ} = 80,02$ м.

За даними графічних залежностей встановлено, що за умови незатопленої роботи водоскиду при гранично допустимому напорі 1,5 м його пропускна здатність досягає $51 \text{ м}^3/\text{с}$.

Наступним етапом є перевірка пропускної здатності водовідвідних труб водоскиду.

Водовідвідну трубу передбачається заглибити нижче поверхні ґрунту в нижньому б'єфі для забезпечення спряження бурхливого потоку з труби зі спокійним русловим потоком. Глибина заглиблення приймається в межах 0,5–1,0 м до верха труби залежно від її діаметра. Вихідний кінець труби виноситься за межі підосви низового укосу на відстань 10–15 м.

Прийняте планово-висотне положення вежі та кінцевої ділянки відвідної труби дозволяє визначити її загальну довжину, а також розрахунковий напір. При першому наближенні рівень води у вежі приймається на 0,5 м нижче нормального підпірного горизонту (НПГ). За результатами попередніх визначень довжина відвідної труби становить 53 м.

Розрахунок пропускної здатності, а відповідно й підбір діаметра відвідної труби, виконується методом послідовного наближення із застосуванням формули витрати для коротких незатоплених труб.

Розрахунок показав, що пропуск зарегульованої витрати повені 1%-вої забезпеченості відбудеться при напорі 1,02 м, що задовольняє умовам розрахунку. При цьому розрахунковий горизонт ФПГ=80,02 м.

$$Q = \mu \cdot w \cdot \sqrt{2g \cdot z}, \quad (5.4)$$

де μ - коефіцієнт витрати труби;

w - живий переріз труби, м;

Коефіцієнт витрати знаходиться за залежністю

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_o + \xi_l}}, \quad (5.5)$$

де $\sum \xi_o$ - сума коефіцієнтів місцевого опору (вхід у трубу з гострими краями -0,5, вихід - 1,0. Втрати на нерівностях стиків - 0,5;);

ξ_l - коефіцієнт опору по довжині труби.

$$\xi_l = \frac{\lambda \cdot l}{d}, \quad (5.6)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя, визначається з [27] в залежності від матеріалу труби та її діаметра.

Прийнявши розміри труби відвідної 2х2 м, а напір між б'єфами 1 м (з врахуванням не повністю затопленого вхідного оголовка башти і можливого затоплення виходу труби в нижньому б'єфі) відповідно до схеми розрахунку (рис.5.8) ,

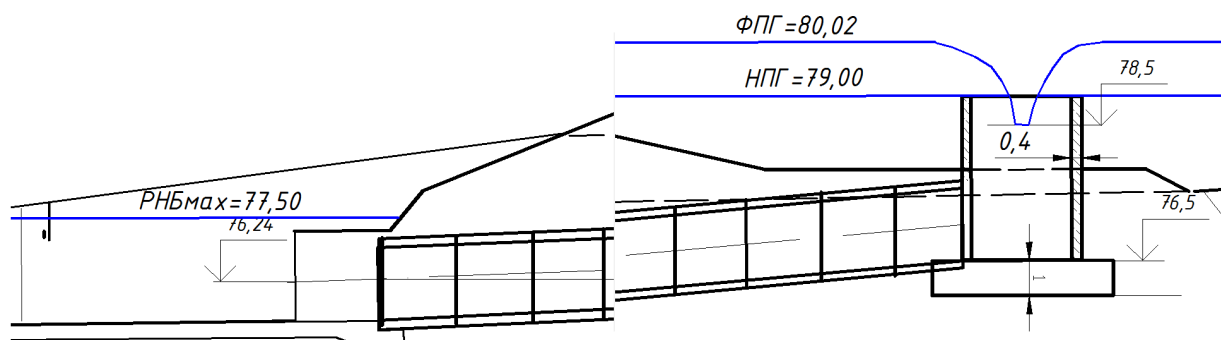


Рисунок 5.8 – Схема до визначення пропускної спроможності відвідної (транзитної) труби водоскиду

Отже, коефіцієнт витрати труби маємо

$$\mu = 1/(1+0,5+1,0+0,5+0,017 \cdot 53/2)^{0,5} = 0,54;$$

Напір за схемою складе 1 м. Необхідно врахувати коефіцієнт підтопленого витікання в нижньому б'єфі, який прийнятий рівний 0,9.

$Q = 0,54 \cdot 16 \cdot 0,9(19,62 \cdot 1)^{0,5} = 34,4 \text{ м}^3/\text{с}$, що задовольняє пропуску максимальної витрати води 1%-вої забезпеченості, адже більше $28 \text{ м}^3/\text{с}$.

Отже сучасний стан водоскидної споруди, визначений на основі рекогносцировки, на річці Домоткань біля с. Якимівка, повинен пропустити максимальну витрату весняної повені 1%-вої забезпеченості без руйнувань, розмивів, втрати стійкості при нормативному забезпеченні рівнів води в б'єфах.

Бурхливий потік, що виходить із відповідної труби шахтного водоскиду під час проходження розрахункових паводків, здійснює спряження зі спокійним потоком нижнього б'єфа гідровузла. Таке спряження відбувається у формі гідравлічного стрибка. За малих побутових глибин у нижньому б'єфі формується відігнаний (віднесений) гідравлічний стрибок, що зумовлює необхідність улаштування протяжного та потужного кріплення русла на значній відстані від місця виходу потоку з труби.

З метою зменшення обсягів кріпильних робіт доцільно забезпечити затоплення гідравлічного стрибка шляхом підвищення глибини води в нижньому б'єфі. Це досягається за рахунок улаштування водобійного колодязя.

Завдання гідравлічного розрахунку полягає у визначенні необхідної глибини та довжини водобійного колодязя. Для забезпечення затоплення гідравлічного стрибка необхідно виконання умови $h_c < h_{нб}$, тобто глибина води в нижньому б'єфі повинна перевищувати спряжену глибину потоку [24]

$$d_c = \sigma \cdot h_c'' - h_{нб}, \quad (5.7)$$

де h_c'' - друга сполучена глибина (глибина наприкінці гідравлічного стрибка), м;

$h_{нб}$ - побутова глибина в руслі за водобійним колодязем, м.

Друга сполучена глибина може бути визначена графоаналітичним методом А.Н. Рахманова [20].

Методика розрахунку гасника енергії за цим методом наведена в додатку Б.

Таким чином критична глибина потоку дорівнює

$$h_{cr} = (1,1 \cdot 28^2 / 9,81 \cdot 8^2)^{0,33} = 1,11 \text{ м};$$

$$\text{Повний напір на водозлив } H_l = (28^2 / 0,3 \cdot 8^2 \cdot 19,62)^{0,33} = 1,27 \text{ м};$$

$$\text{Середня швидкість } V_o = 28 / (1,27 \cdot 8) = 2,74 \text{ м/с};$$

Для визначення повної енергії потоку T_o напір геометричний напір є різниця відміток верхнього б'єфу (ФПГ=80,02 м) та дна гасника енергії 75,24 м.

$$T_o = 4,78 + 1,1 \cdot 3,15^2 / 19,62 = 5,20 \text{ м};$$

$$\text{Отримуємо } \xi_{To} = 5,2 / 1,11 = 4,69;$$

Для коефіцієнта швидкості $\varphi = 0,90$ маємо з [27] (рис.5.9)

$$\xi_c = 2,1; \text{ а } h_c = 2,1 \cdot 1,11 = 2,33 \text{ м}.$$

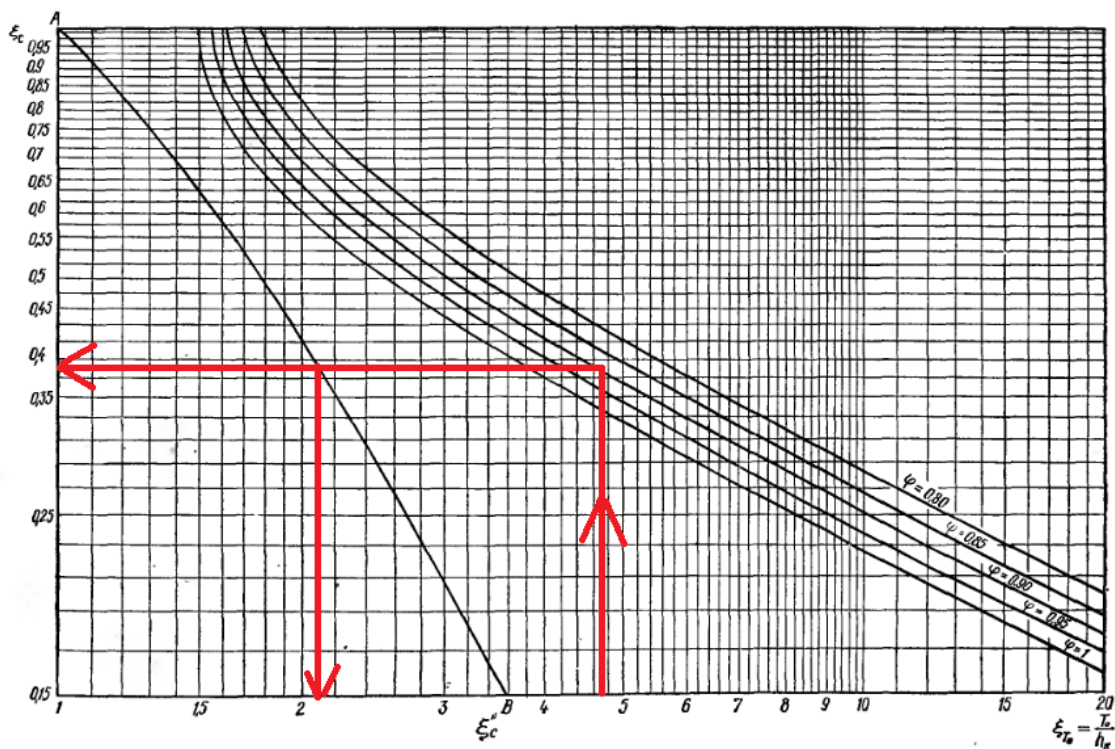


Рисунок 5.9 – Визначення сполучних глибин в гідравлічному стрибку в гаснику енергії

Розрахункова глибина води в нижньому б'єфі становить $77,5 - 75,24 = 2,26$ м.

Таким чином, гідравлічний стрибок у зоні спряження б'єфів при проходженні максимальної витрати перебуватиме в наближеному до критичного стані. Це підтверджує обґрунтованість прийнятого конструктивного рішення щодо типу та параметрів гасника енергії на водоскидній споруді.

Прийнята довжина гасника (див. рис. 5.3), що становить 15 м, є достатньою для ефективного розсіювання енергії потоку та забезпечення стабільного гідравлічного режиму в зоні нижнього б'єфа.

5.3 Конструкція донного водовипуску у складі гідровузла

Відповідно до санітарно-гігієнічних та протималарійних вимог проектом передбачено можливість повного спорожнення ставка шляхом улаштування донного водовипуску.

Донний водовипуск конструктивно суміщений із водоскидною спорудою (див. п. 5.1) і складається з підвідного каналу, який переходить у зливний отвір, розташований у нижній частині водоскидної шахти (рис. 5.10).

Розміри зливного отвору становлять 800×800 мм, що забезпечує спорожнення водосховища від нормального підпірного горизонту (НПГ = 79,00 м) до відмітки 76,6 м, яка відповідає верхній кромці водовипускного отвору. Зазначений рівень розташований на 0,9 м нижче горизонту мертвого об'єму (ГМО). За розрахунками, повне спрацювання цього об'єму може бути здійснене протягом 10 діб.

Гідравлічний розрахунок донного водовипуску наведений у табл. 5.2. Розрахунки виконано для двох режимів роботи споруди: напірного — як витікання через отвір із тонкою стінкою, та безнапірного — як перелив через водозлив. Такий підхід дозволяє оцінити роботу водовипуску на різних етапах спорожнення водосховища.

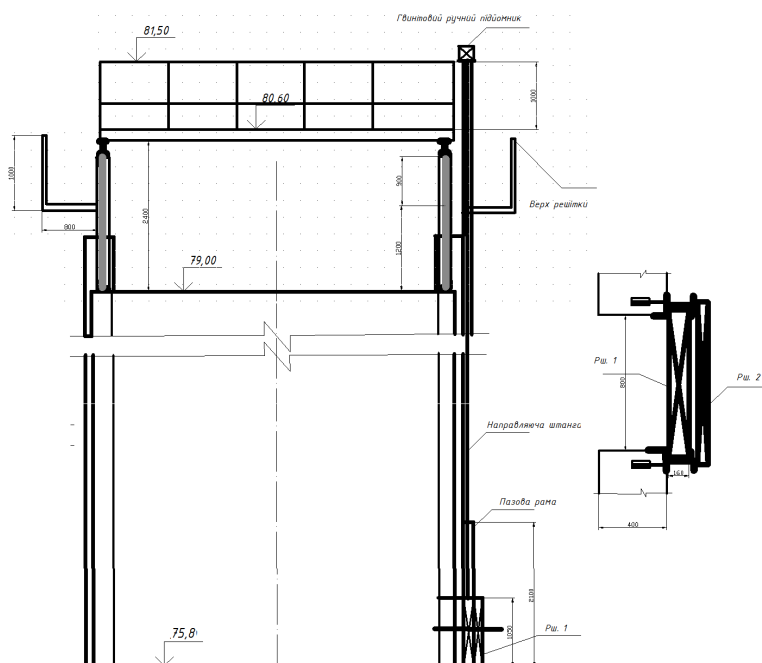


Рисунок 5.10 – Конструкція донного водовипуску у складі водоскидної споруди (проект)

Таблиця 5.2 – Визначення часу опорожнення водосховища

Початковий рівень	Кінцевий рівень	Об'єм опорожнення, млн,м ³	Час опорожнення, діб
НПГ=79,00	ГМО=77,5	0,937	5,8
НПГ=79,00	76,6 м	1,926	9,7
ФПГ=80,02	ГМО=77,5	1,422	10
ФПГ=80,03	76,6 м	2,411	13,9

Згідно з вимогами щодо безпечної експлуатації земляних гребель, для запобігання виникненню надлишкового порового тиску в важкосуглинистих ґрунтах тіла греблі при швидкому зниженні рівня води необхідно обмежувати швидкість спорожнення водосховища до 0,5 м/добу [15] .

Для основного експлуатаційного режиму, що передбачає спрацювання водосховища від нормального підпірного горизонту (НПГ) до горизонту мертвого об'єму (ГМО), швидкість зниження рівня води становить: $(79,00-77,5)/5,8 = 0,26$ м/доб.

Отримане значення є меншим за гранично допустиме, що свідчить про відповідність прийнятого режиму спорожнення вимогам нормативних документів.

Таким чином, результати гідравлічних розрахунків підтвердили достатню пропускну здатність водоскидної споруди на річці Домоткань поблизу села Якимівка для безпечного пропуску перевіркової повені забезпеченістю 1 % у штатному режимі експлуатації. Це свідчить про відповідність основних параметрів споруди розрахунковим гідрологічним умовам та вимогам надійності гідротехнічних об'єктів.

Відповідно до норм експлуатації гребель для запобігання виникнення порового тиску в важко суглинистих ґрунтах греблі при різкому опорожненні необхідно обмежити швидкість опорожнення до 0,5 м/добу [15] . При основному експлуатаційному випадку при опорожненні від НПГ до ГМО ця величина становить, що відповідає нормам.

Отже, гідравлічним розрахунком підтверджена здатність водоскидної споруди на р. Домоткань біля с. Якимівка пропустити перевірку витрату повені 1%-вої забезпеченості в штатному режимі.

6. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗЕМЛЯНОЇ ГРЕБЛІ

Клас наслідків (відповідальності) земляної насипної греблі визначається відповідно до чинних нормативних вимог з урахуванням висоти споруди та інженерно-геологічних характеристик ґрунтів основи [14, 15]. Оскільки максимальна висота греблі на досліджуваному об'єкті становить близько 8 м, споруду віднесено до класу наслідків СС1.

Геометричні параметри укосів земляної греблі характеризуються коефіцієнтами закладання верхового (m_h) та низового (m_t) укосів (рис. 6.1). Значення цих коефіцієнтів визначаються на основі фізико-механічних властивостей ґрунтів тіла греблі та її основи, висоти споруди, гідростатичних і фільтраційних впливів, власної ваги ґрунту, а також можливих експлуатаційних навантажень на гребінь і укоси.

Для проєктованої греблі прийнято коефіцієнт закладання верхового укосу $m_h = 2,75$, а низового укосу $m_t = 1,75$. Такі параметри забезпечують необхідну стійкість укосів та відповідають умовам безпечної експлуатації споруди.

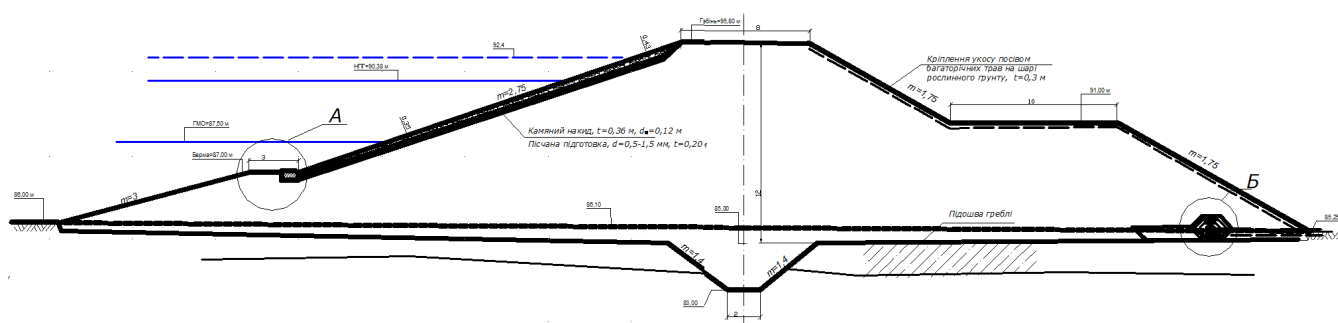


Рисунок 6.1 – Поперечний профіль греблі (додаток В)

Ширина гребня земляної греблі визначається з урахуванням умов будівництва та подальшої експлуатації споруди, зокрема можливості використання його для транспортного сполучення, проходів обслуговуючого персоналу та інших господарських потреб. Оскільки по гребеню передбачено проходження автомобільної дороги IV категорії з твердим покриттям, його ширину прийнято рівною 8 м.

На низовому укосі передбачено влаштування берми, яка забезпечує можливість проведення ремонтних робіт та технічного обслуговування греблі. Берма на верховому

укосі розташовується в нижній частині зони кріплення та виконує функцію додаткового упору для захисних конструкцій. Враховуючи відмітку рівня мертвого об'єму ставка ($РМО = 77,5$ м) та розрахункову товщину льодового покриття до 0,6 м, відмітку верхової берми прийнято на рівні 77,0 м. Під час будівництва вона також може використовуватися як робочий майданчик для підйомно-транспортних механізмів, зокрема при монтажі залізобетонних плит кріплення укусу. З огляду на це її ширину прийнято 3 м.

Укоси земляної греблі повинні бути захищені спеціальними кріпленнями, здатними сприймати вплив хвильових навантажень, льодоутворення, течій, атмосферних опадів та інших руйнівних факторів. За результатами обстеження існуючий стан кріплення верхового укусу оцінюється як незадовільний і такий, що потребує реконструкції (див. рис. 2.5).

Кріплення низового укусу передбачається для захисту поверхні від ерозійного впливу атмосферних опадів, вітрових процесів та інших зовнішніх чинників.

Відмітка гребеня греблі повинна виключати можливість переливу води через споруду. Відповідно до вимог нормативних документів [14, 8], перевищення гребеня над рівнем води визначається для двох розрахункових випадків: при нормальному підпірному горизонті (НПГ) або рівні, що відповідає проходженню розрахункового паводка основного сполучення навантажень, а також при форсованому підпірному горизонті (ФПГ) під час проходження паводка особливого сполучення навантажень. За результатами розрахунків відмітка гребеня греблі прийнята на рівні 82,00 м.

Для забезпечення надійної роботи споруди передбачено влаштування дренажної системи. Основними її функціями є організоване відведення фільтраційних вод із тіла та основи греблі в нижній б'єф, запобігання виходу фільтраційного потоку на поверхню низового укусу та в зону сезонного промерзання, зниження рівня депресійної поверхні для підвищення стійкості укусу, а також зменшення порового тиску в ґрунті.

З урахуванням особливостей експлуатації гідровузла прийнято трубчастий горизонтальний дренаж. Таке рішення є доцільним, оскільки вода в нижньому б'єфі присутня лише під час пропуску паводків, а протягом більшої частини року русло залишається сухим.

Дренажна система передбачається із перфорованих бетонних або азбестоцементних труб, оточених піщано-щебеним зворотним фільтром. Діаметр труб визначається розрахунком із забезпеченням безнапірного режиму руху води та не повинен бути меншим за 200 мм. Для обмеження швидкості руху води поздовжній ухил дренажу приймається не більше 0,01.

Оцінка стійкості низового укосу виконується методом круглоциліндричних поверхонь ковзання. Згідно з цим методом передбачається можливість формування потенційної поверхні зсуву в тілі греблі або її основі під дією власної ваги ґрунту. У разі реалізації такого механізму можливе зміщення масиву укосу та деформація основи споруди. Опір цьому процесу створюється силами внутрішнього тертя та зчеплення ґрунту вздовж поверхні ковзання.

Перевірка стійкості укосу полягає у визначенні коефіцієнта стійкості, який характеризує співвідношення між моментами утримуючих і зсувних сил. Значення цього коефіцієнта визначається за відповідною розрахунковою залежністю та порівнюється з нормативними вимогами щодо безпечної експлуатації гідротехнічних споруд і визначається за формулою (6.1)

$$k_s = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c}, \quad (6.1)$$

де R - момент всіх сил несучої спроможності відносно центру (площини) зсуву;

F - момент активних зрушуючих сил відносно осі поверхні зсуву чи центру;

γ_n - коефіцієнт відповідальності споруди за наслідками аварії;

γ_{fc} - коефіцієнт сполучення навантажень на умовах розрахункового випадку (проектування);

γ_c - коефіцієнт умов роботи споруди за першою групою граничних станів.

Значення коефіцієнтів γ_n , γ_{fc} , γ_c приймаємо відповідно до [15]: $\gamma_n = 1,10$, $\gamma_{fc} = 1,0$, $\gamma_c = 0,95$.

Під час розрахунку стійкості укосу аналізують декілька можливих поверхонь ковзання. Для кожної з них визначається коефіцієнт стійкості, після чого виконується порівняльна оцінка отриманих результатів.

Найбільш небезпечною вважається та поверхня ковзання, для якої розрахований коефіцієнт стійкості має мінімальне значення. Саме це найменше значення коефіцієнта стійкості приймається як розрахункове та використовується для перевірки відповідності укосу нормативним вимогам. Стійкість укосу вважається забезпеченою, якщо отриманий коефіцієнт не менший за допустиме значення, встановлене чинними нормативними документами

Розрахунок стійкості низового укосу греблі на Домоткані виконаний в Ексель за використання програми «Откос» розробленої керівником дипломної роботи. Розрахунки наведені в таблиці 6.3 та рис. 6.5 та 6.6

0.43	0.430	0.43	Шпаристість	
23	23.000	23	Сухий кут внутрішнього тертя	
1.5	1.500	1.50	Сухе питоме щеплення	
18	18.000	18	Мокрий кут внутрішнього тертя (для текучих глин - табл. 14 СНиП 7-75-80)	
1	1.000	1	Мокре питоме щеплення (для текучих глин - табл. 14 СНиП 7-75-80)	
0.08	0.080	0.08	Коеф. фільтрації	
1.55	1.550	1.55	Щільність часток ґрунту, г/см ³	30
0.754388	0.754	0.75	Коеф. пористості	
		0	Ширина віртуального ядра (екрану), м	25
		8	Ширина гребня греблі, м	
		8	Сумарна ширина	
		0	нахилу)	20
		0	(нехтуємо), м	
		7		15
		95.8	Відмітка гребня греблі	
		92.4	Відмітка розрахункового горизонту води в ВБ (як правило - 1 м вище гребня греблі)	
		3.4	Різниця відміток гребня і ВБ	10
Напір, м	7.15	85.25	Розрахункова відмітка горизонту води в НБ (як правило - 1 м вище гребня греблі)	
Высота греблі, м	10.55	85.25	Природна відмітка підосви (за профілем, для розрахункової схеми - за логікою не повинна бути вище розрахункового горизонту)	
		2.2	Середнє значення коеф. заложения Низового и Верхового спрощення розрахункової схеми	0
			радіусу кривої порівняльного тиску (при розрахунку (середнє значення) не більше	-5
Высач	1.35			
		0	Вибір радіусу поверхні ковзання - його "ПОПРАВКА" (може бути додатковим а також НОЛЕМ)	
		22.63	Значення радіусу ковзання	
		-0.49	Значення поправки для радіусу ковзання так, щоб крива ковзання була півколо	
	36.85	0 X	ПОПРАВКИ на координати еталонного центра ковзання (за віссю координат)	
	22.14	0 Y		
		1.70	Коефіцієнт СТІЙКОСТІ - спосіб КЦГ	
		1.72	Коефіцієнт СТІЙКОСТІ - спосіб КЦП	

Рисунок 6.5 – Вихідні дані до розрахунку стійкості укосу та підсумковий результат.

Програма «Откос»

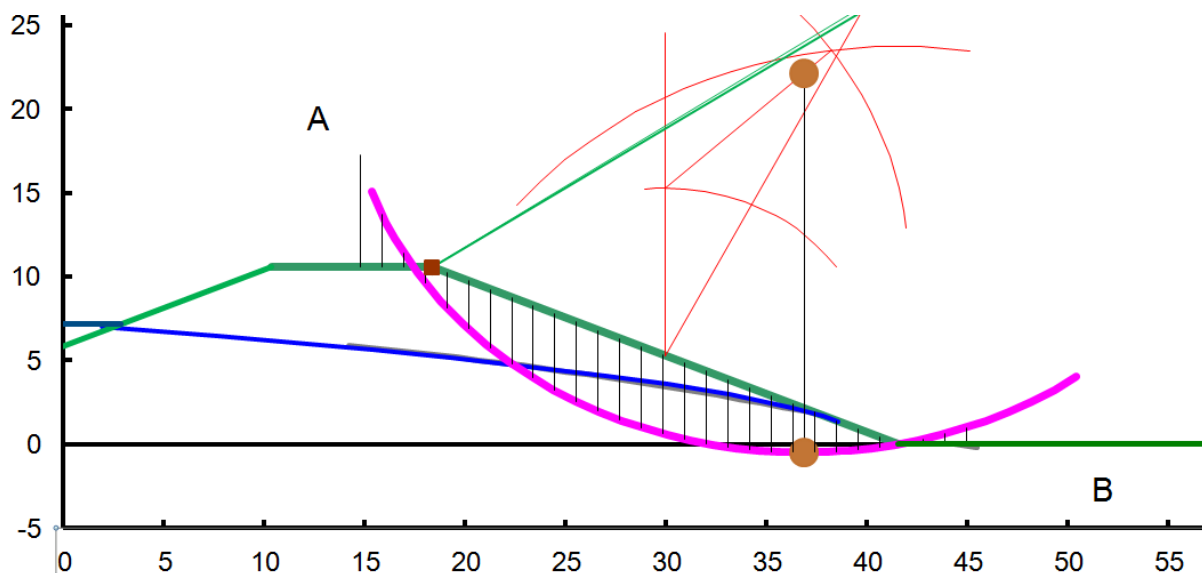


Рисунок 6.6 – Схема до визначення стійкості низового укосу греблі

Таблиця 6.1 – Розрахунок стійкості укусу греблі ставка на р. Домоткань «методом круглоциліндричних поверхонь ковзання». Програма «Откос», ДДАЕУ

№ блока	SinA	CosA	h'	dHнб	h''	h'''	G	G*SinA	G*C osA	Wf	tgFi	(G*CosA- Wf)*tgFi	C	L	C*L
21	0,95	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	3,62	0,00
20	0,91	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	2,59	0,00
19	0,86	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	2,14	0,00
18	0,82	0,57	0,07	0,00	0,00	0,00	0,12	0,10	0,07	0,00	0,424	0,03	3,00	1,87	5,62
17	0,77	0,63	1,61	0,00	0,00	0,00	2,69	2,08	1,71	0,00	0,424	0,73	1,50	1,70	2,55
16	0,73	0,69	2,49	0,00	0,00	0,00	4,17	3,03	2,86	0,00	0,424	1,21	1,50	1,57	2,35
15	0,68	0,73	3,18	0,00	0,00	0,00	5,32	3,63	3,89	0,00	0,424	1,65	1,50	1,47	2,21
14	0,64	0,77	3,72	0,00	0,00	0,00	6,22	3,96	4,80	0,00	0,424	2,04	1,50	1,40	2,10
13	0,59	0,81	3,81	0,00	0,33	0,00	7,06	4,17	5,70	0,43	0,325	1,71	1,00	1,34	1,34
12	0,55	0,84	3,50	0,00	0,95	0,00	7,87	4,29	6,60	1,22	0,325	1,75	1,00	1,29	1,29
11	0,50	0,87	3,19	0,00	1,48	0,00	8,48	4,24	7,34	1,84	0,325	1,79	1,00	1,24	1,24
10	0,45	0,89	2,88	0,00	1,92	0,00	8,90	4,05	7,93	2,32	0,325	1,82	1,00	1,21	1,21
9	0,41	0,91	2,58	0,00	2,27	0,00	9,16	3,75	8,36	2,68	0,325	1,84	1,00	1,18	1,18
8	0,36	0,93	2,29	0,00	2,55	0,00	9,27	3,37	8,63	2,95	0,325	1,85	1,00	1,16	1,16
7	0,32	0,95	2,00	0,00	2,76	0,00	9,24	2,94	8,76	3,14	0,325	1,82	1,00	1,14	1,14
6	0,27	0,96	1,72	0,00	2,90	0,00	9,07	2,47	8,73	3,25	0,325	1,78	1,00	1,12	1,12
5	0,23	0,97	1,45	0,00	2,98	0,00	8,78	1,99	8,55	3,30	0,325	1,70	1,00	1,11	1,11
4	0,18	0,98	1,18	0,00	2,92	0,08	8,38	1,52	8,24	3,28	0,268	1,33	2,60	1,10	2,85
3	0,14	0,99	0,92	0,00	2,69	0,26	7,88	1,07	7,80	3,21	0,268	1,23	2,60	1,09	2,83
2	0,09	1,00	0,66	0,00	2,46	0,39	7,25	0,66	7,22	3,08	0,268	1,11	2,60	1,08	2,81
1	0,05	1,00	0,41	0,00	2,22	0,47	6,50	0,30	6,49	2,90	0,268	0,96	2,60	1,08	2,80
0	0,00	1,00	0,16	0,00	1,97	0,49	5,63	0,00	5,63	2,66	0,268	0,80	2,60	1,08	2,80
-1	-0,05	1,00	0,00	0,00	1,65	0,47	4,60	-0,21	4,60	2,28	0,268	0,62	2,60	1,08	2,80
-2	-0,09	1,00	0,00	0,00	1,16	0,39	3,38	-0,31	3,36	1,67	0,268	0,45	2,60	1,08	2,81
-3	-0,14	0,99	0,00	0,00	0,67	0,26	2,03	-0,28	2,01	1,01	0,268	0,27	2,60	1,09	2,83
-4	-0,18	0,98	0,00	0,00	0,18	0,08	0,56	-0,10	0,55	0,28	0,268	0,07	2,60	1,10	2,85
-5	-0,23	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	1,11	0,00
-6	-0,27	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	1,12	0,00
-7	-0,32	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	1,14	0,00
-8	-0,36	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,424	0,00	0,00	1,16	0,00
						Куст (1й)	Куст (2й)								
	Сумма					1,70	1,72	46,72	все блок и			28,55			51,00

Отже стійкість низового укусу забезпечена надійно. Коефіцієнт стійкості склав 1,7.

7. ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРОВУЗЛА НА РІЧЦІ ДОМОТКАНЬ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Розроблення проєкту з обґрунтування параметрів водоскидної споруди гідровузла та реалізація передбачених ним технічних рішень можуть впливати на окремі компоненти навколишнього природного середовища. Зокрема, очікується вплив на гідрологічний режим поверхневих вод водотоку, стан і режим ґрунтових вод, геологічне середовище, ґрунтовий покрив, рослинні угруповання та водні біологічні ресурси, включаючи їхтіофауну.

Характер і масштаби такого впливу визначатимуться особливостями проєктних рішень, умовами будівництва та подальшої експлуатації гідровузла, а також ефективністю природоохоронних заходів, передбачених проєктом.

Вказаний вплив «характеризується масштабом (площа, об'єм), інтенсивністю (витрата, зміна напору), динамічністю (силові складові) і тривалістю» [11].

Тут розглянутий можливий вплив на середовище при проведенні будівельних робіт.

7.1. Оцінка впливу на поверхневі та підземні води

Основним водним об'єктом, на який поширюється вплив проєктних рішень, є річка Домоткань в районі села Якимівка. Площа водозбору до розрахункового створу становить 131 км². Річка належить до басейну Дніпро та є його притокою. Долина водотоку характеризується каньйоноподібною формою з глибиною ерозійного врізу до 50 м. Водозбірний басейн значно розчленований балковою мережею, для якої характерний активний розвиток ерозійних процесів.

За результатами гідрологічних розрахунків середньобагаторічний об'єм стоку з водозбору становить близько 5,8 млн м³ на рік. У маловодні роки забезпеченістю 90 % цей показник може зменшуватися до незначних величин і становити лише трохи більше 6 тис. м³ на рік (див. п. 3.1).

Характеристика впливу на поверхневі води:

Масштаб впливу — середня та верхня частини водозбору р. Домоткань;

Інтенсивність впливу — формування водосховища корисним об'ємом до 2,0 млн м³, а з урахуванням регулюючої ємності для акумуляції паводкових вод — понад 3,8 млн м³;

Динамічність впливу — найбільш виражена під час проходження весняних повеней та інтенсивних дощових паводків;

Тривалість впливу — протягом усього періоду експлуатації гідровузла.

Прийнятий нормальний підпірний горизонт (НПГ) на відмітці 79,0 м спричиняє підвищення рівнів перших від поверхні водоносних горизонтів, приурочених до сучасних алювіальних відкладень русла та верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів схилів балки. Очікуване підвищення рівнів ґрунтових вод становить близько 2–3 м. Зазначені зміни не призводять до розвитку небезпечних процесів підтоплення та не створюють істотних негативних наслідків для прилеглих територій.

У нижньому б'єфі гідровузла можливе виклинювання водоносного горизонту на денну поверхню у вигляді джерел і локальних заболочених ділянок.

Характеристика впливу на ґрунтові води:

Масштаб впливу — територія нижнього б'єфа, а також ділянки вздовж водотоку на відстані до 2,0 км вище за течією та до 0,3–0,4 км по схилах долини в обидва боки;

Інтенсивність впливу — підвищення рівнів ґрунтових вод орієнтовно на 2–3 м;

Динамічність впливу — постійна;

Тривалість впливу — протягом усього строку експлуатації споруди.

7.2 Оцінка впливу на геологічне середовище та ґрунти

У прибережній зоні річки в нижньому б'єфі гідровузла рівень ґрунтових вод місцями виходить на денну поверхню, тоді як на вододільних ділянках їх залягання спостерігається на глибинах понад 20 м. Похил дзеркала ґрунтових вод є досить значним і досягає 0,04, що сприяє формуванню інтенсивного підземного стоку. За попередніми оцінками, щорічні втрати води на фільтрацію з водосховища можуть становити 20–30 % його об'єму, що відповідає приблизно 300–400 тис. м³ на рік.

У межах розрахункового водозбору переважають чорноземні ґрунти середньо- та важкосуглинистого механічного складу з невисоким вмістом гумусу та різним ступенем еродованості. Потужність гумусового горизонту змінюється в широких межах — від 0,1 до 0,7 м. На найбільш похилих ділянках водозбору гумусовий шар місцями повністю змитий, унаслідок чого на поверхню виходять материнські породи, представлені середніми суглинками та супіщаними ґрунтами. Вміст гумусу в ґрунтах коливається від 0,5 до 2,5 %, що свідчить про їх відносно невисоку природну родючість.

Площа земель, на які поширюватиметься вплив природоохоронних та водогосподарських заходів, становить близько 1150 га. Переважна частина цих територій

належить до земель водного фонду. Межі водоохоронних територій доцільно встановлювати за горизонталлю 90,0 м з урахуванням існуючої забудови та окремих ділянок ріллі, які потребують індивідуального підходу. Схему запропонованих водоохоронних зон і прибережних захисних смуг наведено на рис. 7.1.

Характеристика впливу на ґрунтовий покрив:

Масштаб впливу — загальна площа земель, що підлягають охороні та регулюванню використання, становить 1143 га, з яких близько 104 га затоплюються при нормальному підпірному горизонті (НПГ);

Інтенсивність впливу — вилучення та переведення земель до складу земель водного фонду в процесі реалізації проєктних заходів;

Динамічність впливу — постійна протягом періоду створення водоохоронної зони та прибережної захисної смуги;

Тривалість впливу — упродовж усього терміну експлуатації гідровузла та водосховища.

7.3. Природоохоронні зони і прибережні захисні смуги

Проєктом передбачається встановлення навколо водосховища водоохоронної зони та прибережної захисної смуги, які виконуватимуть функції природоохоронних територій із регламентованим режимом господарського використання.

Межі зазначених територій визначаються відповідно до вимог Водний кодекс України [6] та спрямовані на збереження водних ресурсів, попередження їх забруднення, засмічення і виснаження, а також на підтримання сприятливого екологічного стану водних об'єктів.

У межах водоохоронних зон встановлюється низка обмежень щодо господарської діяльності. Зокрема, не допускається застосування стійких і сильнодіючих пестицидів, розміщення кладовищ, скотомогильників, сміттєзвалищ, полів фільтрації та інших об'єктів, які можуть негативно впливати на якість поверхневих і підземних вод. Також забороняється відведення неочищених стічних вод із використанням природних форм рельєфу, зокрема балок, понижень місцевості, кар'єрів та водотоків.

Зовнішні межі водоохоронних зон, як правило, встановлюються на підставі спеціалізованих проєктів землеустрою та природоохоронного обґрунтування. У межах даного проєкту вздовж берегової лінії ставка пропонується сформувати водоохоронну зону шириною від 50 до 1000 м, із середнім значенням близько 250 м. Загальна площа

цієї території становить 1039 га. У нижньому б'єфі гідровузла водоохоронна зона передбачається вздовж русла водотоку шириною до 100 м.

Запровадження зазначених обмежень сприятиме збереженню природних екосистем, підвищенню ефективності охорони водних ресурсів та забезпеченню екологічно безпечної експлуатації водосховища.

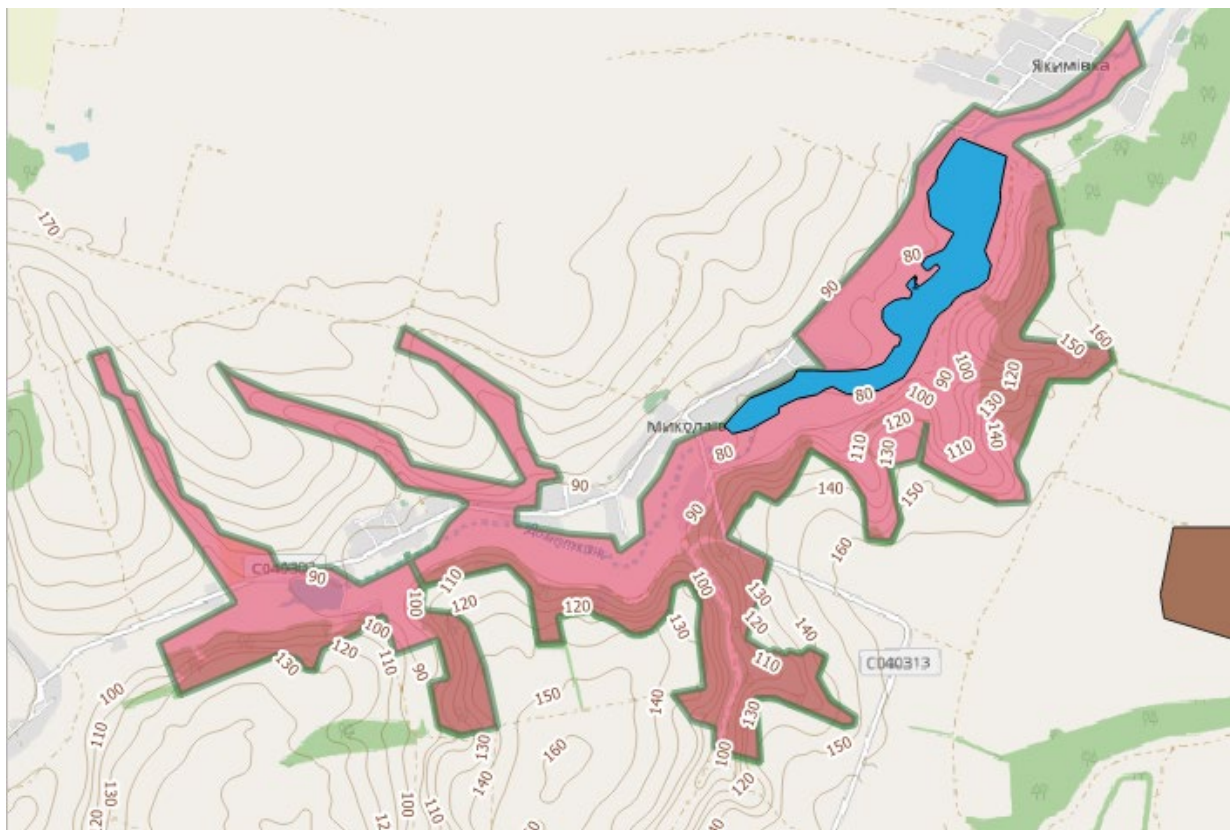


Рисунок 7.1 - Прибережні захисні смуги та водоохоронна зона об'єкту дослідження – ставок на р. Домоткань (QGIS)

Прибережні захисні смуги встановлюються вздовж берегів водотоків та навколо водойм по лінії урізу води в меженний період. Для ставків площею понад 3 га, відповідно до вимог водоохоронного законодавства, ширина прибережної захисної смуги становить 50 м (див. генеральний план, рис. 7.1).

Прибережні захисні смуги належать до природоохоронних територій, у межах яких діє спеціальний режим використання земель, спрямований на збереження водних ресурсів, захист берегів від руйнування та запобігання забрудненню поверхневих і підземних вод [6].

Відповідно до вимог Водний кодекс України, у межах прибережних захисних смуг забороняються такі види діяльності:

розорювання земельних ділянок, за винятком підготовки ґрунту для залуження або залісення, а також ведення садівництва й городництва;

зберігання та використання пестицидів, агрохімікатів і мінеральних добрив;
розміщення літніх таборів для утримання худоби;

будівництво споруд, не пов'язаних із функціонуванням водогосподарських об'єктів,
зокрема баз відпочинку, дачних будинків, гаражів та автомобільних стоянок;

миття, ремонт і технічне обслуговування транспортних засобів та спеціальної
техніки;

облаштування сміттєзвалищ, гноєсховищ, накопичувачів виробничих відходів,
кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації та інших потенційно небезпечних об'єктів.

Існуючі об'єкти, розташовані в межах прибережної захисної смуги, можуть
продовжувати експлуатацію за умови дотримання встановленого природоохоронного
режиму та відсутності негативного впливу на водні ресурси і прилеглі екосистеми [6].

Запровадження прибережних захисних смуг є важливим природоохоронним
заходом, який забезпечує зменшення надходження забруднювальних речовин до
водойми, сприяє збереженню біорізноманіття та підтриманню належного екологічного
стану водного об'єкта.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У проєкті наведено обґрунтування параметрів водоскидних споруд у складі гідровузла на річці Домоткань в районі села Якимівка, Кам'янського району.

Опис природних умов району проєктування виконано на основі аналізу довідникових джерел щодо кліматичних характеристик, агрофізичних властивостей ґрунтів, матеріалів фізико-географічного районування території Дніпропетровської області, а також даних інженерно-геологічних вишукувань. Морфометричні характеристики водозбору річки визначені із застосуванням ГІС-технологій у середовищі QGIS на основі цифрової моделі рельєфу SRTM 30.

Відповідно до чинних нормативних вимог виконано оцінку стокових характеристик водозбору річки Домоткань та обґрунтовано доцільність запроектованих природоохоронних і гідротехнічних заходів, спрямованих на підвищення надійності та ефективності експлуатації гідровузла.

Основні розрахункові характеристики стоку водозбору ставка такі:

максимальна витрата весняної повені 1%-вої забезпеченості — 54 м³/с;

максимальна витрата дощового паводку 1%-вої забезпеченості — 44 м³/с;

максимальна середньодобова витрата 5%-вої забезпеченості — 20 м³/с;

максимальна трансформована витрата 5%-вої забезпеченості — 18 м³/с;

об'єм стоку 1%-вої забезпеченості — 32,5 млн м³.

За результатами водогосподарських розрахунків визначено параметри водосховища:

повний об'єм — 2,34 млн м³, корисний об'єм — 1,26 млн м³, об'єм мертвого об'єму — 1,08 млн м³. Відмітка нормального підпірного горизонту (НПГ) становить 79,00 м, форсованого підпірного горизонту (ФПГ) — 80,02 м, мертвого горизонту — 77,5 м.

Основною водоскидною спорудою є шахтний водоскид із чотирма нитками водоскидних труб перерізом 2×2 м. Доведено його здатність забезпечувати пропуск максимальних витрат паводку 1%-вої забезпеченості в штатному експлуатаційному режимі.

Проєктом також передбачено комплекс заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля та організацію системи природоохоронних заходів. Встановлено та обґрунтовано межі земель водного фонду, зокрема прибережних захисних смуг і водоохоронних зон. Площа водоохоронної зони становить 1039 га, що

відповідає близько 8 % площі водозбору річки Домоткань і близька до рекомендацій «Водної стратегії України на період до 2050 року».

Таким чином, можна стверджувати, що мета дипломної роботи досягнута, а поставлені завдання виконані у повному обсязі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Google Earth Pro— Планета Земля / сервер : kh.google.com
2. QGIS – ГІС з відкритим кодом . URL:<https://www.qgis.org/>
3. Агрокарта посевных площадей / Пшеница. Агрокарта посевных площадей 2017. Верхнеднепровский район. Днепропетровская область [карта] (назва з екрану). – Режими доступу: <http://pshenica.4sg.com.ua/ru/agromap2017.php?r=272>
4. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986-2005 рр.)/за ред. О.Т.Прохоренко, Т.І.Адаменко. Дніпропетровськ: 2011, 189 с.
5. Атлас “Клімат та водні ресурси України” / Липинский В.Н., Осадчий В.И., Шестопапов В.М. та інші. URL: https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf.
6. ВОДНИЙ КОДЕКС УКРАЇНИ. 1995 (зі змінами).
7. Географічна енциклопедія України // Під. ред. О.М.Маринич. В 3 т. К.:”Українська енциклопедія” ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.
8. Гідротехнічні споруди // Під ред. Н.П. Розанова. Агропромиздат, 1985. 430 с.
9. Гідротехнічні споруди. Довідник проектувальника // Під ред. В.П. Недриги. Будвидавництво, 1983.543 с
10. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області: моногр. Дніпропетровськ, вид-во ДНУ, 2006. 204 с.
11. ДБН А.2.2-1-2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. К. : Мінрегіон України, 2022. 26 с.
12. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2012. 115 с.
13. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К. : Мінбуд України, 2006. 75 с.
14. ДБН В.2.4-20:2014. Греблі з ґрунтових матеріалів. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд, 2014. 138 с.
15. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки / гідротехнічні споруди. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 39 с.

16. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик (недіючий, заміна СНиП 2.01.14-83). К. : Мінрегіонбуд України, 2012. 102 с.
17. Домоткань (річка)/ Вікіпедія : [назва з екрану]. – URL:
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8C_\(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8C_(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0))
18. Звіт Дніпропетровського Облводгосп за 2009 р. Інвентаризаційна відомість водних об'єктів (річки, струмки, балки, канали) . Днапропетровськ, 2009.
19. Кадастрова карта. URL: <https://kadastrova-karta.com/>
20. Кириенко И.И. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений. : навчальний посібник. К.: Вища школа, 1987. 253 с. (рос.мова)
21. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Ліпінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
22. Литовченко О.Ф. Інженерна гідрологія та регулювання стоку: підручник Київ: Вища школа, 1999. 360 с.
23. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку/ Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
24. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту „Гребля з ґрунтових матеріалів з водоскидною спорудою. Дніпро: ДДАЕУ, 2024. 44 с.
25. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Среднее и Нижнее Поднепровье. Гидрометеиздат, 1971. Т.6, вып. 2. 656 с.
26. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський. Монографія. К.: УкрДГРІ, 2005. 572 с.
27. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А.Большакова. К.: Вища школа, 1984. 344 с.
28. Фізико-географічн районування УРСР // За ред. В.П.Попова, А.М.Маринича, А.И.Ланько. К.: КНУ , 1968. 684 с.
29. Цифровая модель рельефа/ [U.S. Geological Survey] / [Роздільна здатність : 30 м]. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
30. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату / Т. І. Адаменко; Заг. ред. А. М. Цветкова. Біла Церква : Бліц, 2014. 16 с.

ДОДАТКИ

Визначення коефіцієнту варіації при відсутності спостережень

Коефіцієнт варіації річного стоку C_v треба визначати за формулою

$$C_v = (\alpha / q^{-0,4}) (A + 1000)^{0,1}, \quad (A.1)$$

де α - параметр, що визначається за даними річок-аналогів, л/с;

q - середній багаторічний річний модуль стоку, л/(с·км²);

A - площа водозбору річки до розрахункового створу, км².

Розрахункове значення відношення коефіцієнта асиметрії (C_s) до коефіцієнта варіації (C_v) необхідно приймати, як «середнє за даними групи річок з найбільш тривалішими спостереженнями за розглянутою гідрологічною характеристикою в гідрологічно однорідному районі» [23]. Для центральної частини України і басейну р. Дніпро, при відсутності надійного ряду спостережень за річковим стоком, приймаємо це відношення рівне $C_s = 2,0 C_v$.

Для вибраного співвідношення ($C_s = 2,0 C_v$) вибирається модульний коефіцієнт (K_p) при визначенні модуля стоку заданої забезпеченості.

$$q_p = K_p * q_o \quad (A.2)$$

де q_o – модуль стоку, знятий з карти ізоліній норми річного стоку (рис.3.1) [5].

Об'єм стоку заданої забезпеченості визначаємо за формулою

$$W_p = q_p * F * 31,5, \quad (A.3)$$

де F – площа водозбору, км².

Складові формули максимального стоку повені

де K_0 - параметр, що характеризує дружність весняної повені, визначається за даними річок-аналогів, для району водозбору $K_0=0,017$;

$h_p\%$ - розрахунковий шар сумарного весняного стоку, мм, щорічної вірогідності перевищення $P\%$. При відсутності даних спостережень приймаємо в залежності від середнього багаторічного шару стоку h_0 , значення якого визначаємо з карти [27] і дорівнює $h_0=30$ мм;

μ - коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку та максимальних витрат води, приймаємо за рекомендаціями, для 1%-ої забезпеченості $\mu=1$, для 5%-ої забезпеченості $\mu=0,96$;

δ - коефіцієнт, що враховує вплив водосховищ, ставків та проточних озер. При відсутності таких на водозборі $\delta=1$;

δ_1 - коефіцієнт, що враховує зниження максимальної витрати води в залісених басейнах;

δ_2 - коефіцієнт, що враховує зниження максимальної витрати води в заболочених басейнах. При відсутності боліт $\delta_2=1$;

A - площа водозбору річки (водотоках), км^2 , яка дорівнює $A=131$ км^2 ;

A_1 - додаткова площа водозбору, що враховує зниження редукції, км^2 , приймаємо $A_1=10$ км^2 ;

m_1 - показник ступеня редукції, що приймаємо за рекомендаціями. Для XIII району по характеру формування повені приймаємо $m_1=0,35$.

Розрахунок складових ф-ли (3.1)

Коефіцієнт δ_1 , що враховує зниження максимальної витрати води в залісених басейнах, визначається за формулою

$$\delta_1 = \alpha_1 / (A_{\pi} + 1)^{n_2}, \quad (\text{Б.1})$$

де n_2 - коефіцієнт редукції, приймаємо за рекомендаціями. Для розрахункового випадку $n_2=0,22$;

α_1 - параметр, приймаємо за рекомендаціями [35]. Для розрахункового випадку $\alpha_1=1$;

A_{π} - залісеність водозбору, %. Згідно п.1.2. залісеність становить 14 %.

$$\text{Отже } \delta_1 = 1 / (14 + 1)^{0,22} = 0,55$$

Розрахунковий шар сумарного весняного стоку визначаємо за формулою

$$h_p\% = K_p\% h_o', \quad (\text{Б.2})$$

де h_o' - середньо багаторічний шар весняного стоку. приведений для малих водозборів та визначається за формулою

$$h_o' = h_o K^1, \quad (\text{Б.7})$$

де K^1 - поправочний коефіцієнт для малих рівнинних річок з площами водозборів менше 200 км², для степової зони вводять поправку [15 , додаток 9], що дорівнює 1,4.

Таблиця А.1 – Типовий внутрішньо річний розподіл стоку р. Домоткань в розрахунковому створі

Характеристика року	Забезпеченість року, %	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
У відсотках річного стоку														
Багатоводний	10	17,8	2,7	52,0	8,8	3,0	2,1	0,5	0,1	0,9	1,7	2,6	7,8	100
Середній	50	4,6	4,6	60,0	17,2	2,9	1,7	1,1	0,4	0,7	0,9	4,7	1,2	100
Маловодний	75	7,0	11,9	42,1	24,1	3,4	1,8	0,8	0,5	0,8	1,7	2,8	3,1	100
Дуже маловодний	90	11,2	9,7	34,2	19,5	6,3	3,4	1,4	0,9	1,3	2,6	4,5	5,0	100
В тис.м ³														
Багатоводний	10	2674	406	7811	1322	451	315	75	15	135	255	391	1172	15020.5
Середній	Норма	266	266	3466	994	168	98	64	23	40	52	272	69	5777.1
Маловодний	75	10.1	17.2	60.8	34.8	4.9	2.6	1.2	0.7	1.2	2.5	4.0	4.5	144.4
Дуже маловодний	90	0.6	0.6	2.0	1.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	5.8

Методика розрахунку гасника енергії за методом Рахманова

Знаходження цих взаємно сполучених глибин проводиться по графіках складених для прямокутного поперечного перерізу, по попередньо обчисленим значенням

$$\xi_{To} = \frac{T_o}{h_{cr}}, \quad (\text{Б.8})$$

де T_o - питома енергія потоку перед водобійним колодязем з урахуванням швидкості підходу відносно дна колодязя, м;

h_{cr} - критична глибина потоку, м.

Питома енергія потоку перед водобійним колодязем визначається за формулами для водоскидів закритого типу

$$T_o = H_1 + \frac{\alpha \cdot V_0^2}{2g} \quad (\text{Б.9})$$

де H_1 - напір на водозливі із широким порогом перед водобійним колодязем, м;

V_0 - швидкість підходу потоку перед колодязем, м/с;

Напір H_1 визначається по формулі витрати через водозлив з широким порогом

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{m^2 \cdot b_c^2 \cdot 2g}}, \quad (\text{Б.10})$$

де m - коефіцієнт витрати водозливу, можна приймати рівним 0,30 - 0,32;

b_c - ширина колодязя, яку прийнято 5 м.

Критичну глибину потоку знаходять за формулою

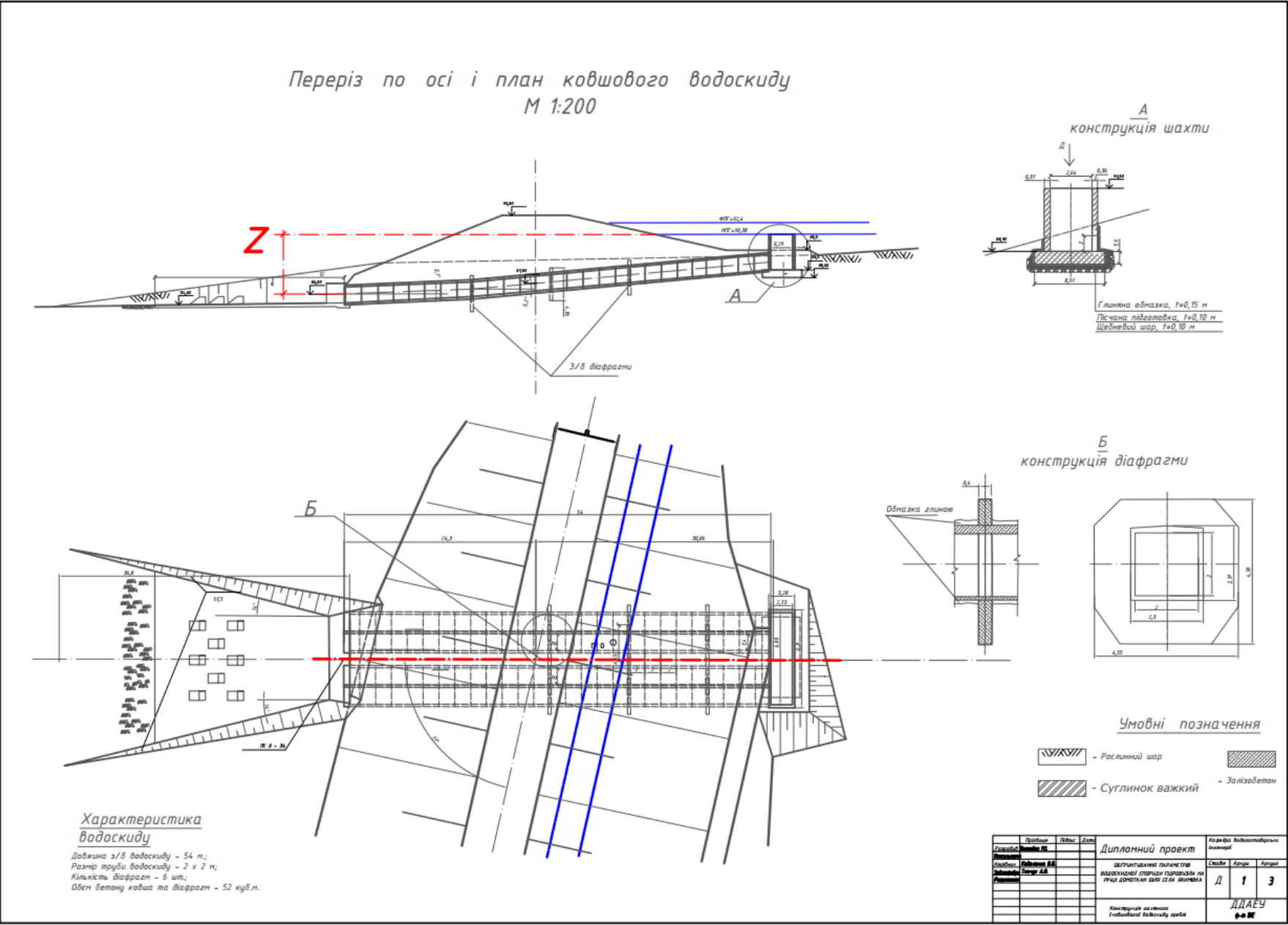
$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}}, \quad (\text{Б.11})$$

де q - питома витрата, м²/с;

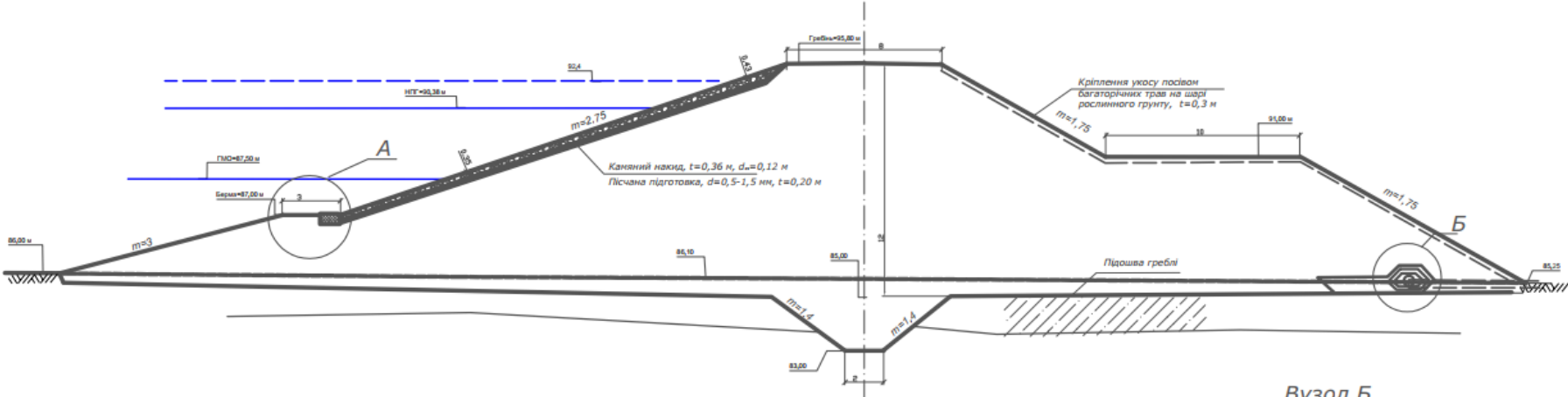
α - коефіцієнт кінетичної енергії (Коріоліса).

При визначення сполучених глибин за графіком значення коефіцієнта швидкості φ приймаємо 0,90. За отриманим значенням ξ_c знаходимо другу сполучну глибину

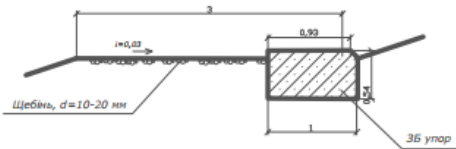
$$h_c = \xi_c \cdot h_{cr}. \quad (\text{Б.12})$$



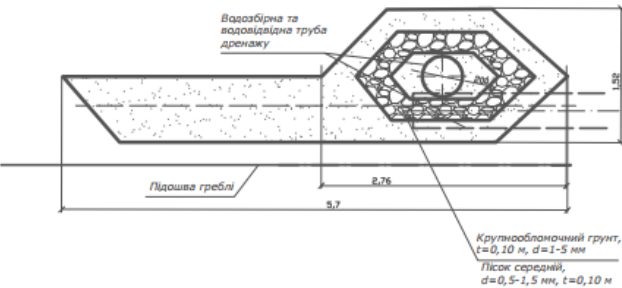
Поперечний переріз греблі на ПК 2
М 1:100



Вузол А
конструкція берми



Вузол Б
конструкція
трубчатого дренажу



Умовні позначення

- Рослинний шар
- Суглинок перевідкладений
- Суглинок важкий
- Залізобетон

Характеристика греблі

Об'єм тіла греблі - 37500 куб.м;
Максимальна висота - 12 м;
Об'єм кам'яного накиду- 1900 куб.м.

№	Прийнято	Відхилено	Всього	Дипломний проект			Картина відноснодержавної території		
Варіант	Варіант 1			Об'єктування парострой водостічної системи водостічної на річці Дніпро. Висота водостічної			Сходи	Арки	Арки
Варіант	Варіант 2						Д	2	3
Варіант	Варіант 3								
				Поперечний переріз греблі			ДДАЕУ		
							Ф-87		

