

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії, доцент
_____ Володимир КОВАЛЕНКО
« ____ » червня 2023 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

на тему **Гідрологічне обґрунтування для реконструкції
мосту автомобільної дороги С051024 Ярова –
Дробишеве на р. Нітриус**

Виконав: здобувач вищої освіти, групи
ГТБз-1-18

Спеціальність – 194 "Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології"

Освітня програма „ Водна інженерія та
водні технології”

Іван ТАРАСЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Володимир КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Рецензент : _____
(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність – 194 "Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології"
Освітня програма „ Водна інженерія та водні технології”

З А Т В Е Р Д Ж У Ю :
Зав. кафедрою водогосподарської інженерії
доц. _____ (Володимир КОВАЛЕНКО)
08 травня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу здобувачу вищої освіти
Тарасюку Івану Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**Тема роботи: Гідрологічне обґрунтування для
реконструкції мосту автомобільної дороги С051024
Ярова – Дробишеве на р. Нітріус**

керівник роботи Коваленко Володимир Васильович, к. с.-г. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по агроуніверситету від «11» травня 2023 р. № 849

1. Термін здачі закінченої роботи : « 15 » червня 2023 р.
2. Вихідні дані до роботи

Матеріали інженерних вишукувань щодо сучасного стану гідротехнічних споруд на р.Нітріус (ТОВ «ТОПОГРУП», 2022 р.). Довідникові матеріали щодо гідрологічної вивченості території дослідження та її кліматичної характеристики. Матеріали ГІС-порталів та технологій для візуалізації об'єкту дослідження та обробки даних ДЗЗ (EOS, <https://eos.com/landviewer/>).

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ; 1. Коротка характеристика природних умов району дослідження; 2. Обґрунтування гідрологічних характеристик в створі мосту р. Нітріус; 3. Водогосподарські розрахунки; 4. Обґрунтування пропускної здатності мостового прольоту; 5. Заходи з реконструкції мосту.. Висновки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в середовищі Power Point: постановоча

частина дипломної роботи; природно кліматичні умови, результати досліджень, креслення, висновки. 2. Виконавчі креслення в AutoCAD

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
6			
7			

6. Дата видачі завдання: «10» березня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалів до ДР	02.2023 р.	
2	Формування теми ДР, мети, завдань, змісту. Вибір методів дослідження та способів рішення поставлених задач	03.2023 р.	
3	Природно-кліматична характеристика району дослідження	03.2023 р.	
4	Гідрологічні розрахунки. Водогосподарські розрахунки;	04.2023 р.	
5	Обґрунтування пропускної здатності мостового прольоту. Заходи з реконструкції мосту	05.2023 р.	
6	Передзахист ДП на кафедрі	14.06.2021 р.	
5	Підготовка записки, графічної частини проекту, представлення ДР до перевірки на плагіат	15.06.2023 р.	
6	Представлення ДП на рецензію	17.06.2023 р.	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

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

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 60 сторінок, 11 таблиць, 18 рисунків. Список літератури складає 54 джерела інформації.

Об'єкт дослідження – режим формування максимального стоку на водозборі річки Нітріус.

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності мосту на дорозі С051024 та відповідність проекту мосту вимогам пропуску максимальних вод.

Метою роботи є гідрологічне обґрунтування для проектування мосту на р. Нітріус.

Вихідними даними в роботі послужили картографічні сервіси Google Earth, SAS Planet, ESRI World Imagery, дані гідрологічної вивченості території дослідження.

Допоміжне програмне забезпечення: Microsoft Word, Microsoft Excel, QGIS.

Область застосування: методика гідрологічного обґрунтування пропускної здатності мостових прольотів в проектах відновлення мостів на деокупованих територіях України.

Ключові слова: відновлення мосту, гідрологічні розрахунки, пропуск максимальних витрат.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ПРИРОДНІ УМОВИ В БАСЕЙНІ р. НІТРИУС	9
1.1. Клімат	9
1.2. Рельєф на водозборі річки.....	10
1.3. Інженерно-геологічні й гідрогеологічні умови.....	12
1.4. Ґрунти заплави.....	13
2. СУЧАСНИЙ СТАН МОСТУ НА р. НІТРИУС	15
3. ГІДРОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ...	18
3.1. Гідрологічна характеристика р. Нітриус	18
3.2. Гідрографічна мережа.....	19
3.3. Водозбірний басейн	21
3.4. Зарегульованість басейну.....	22
2.5. Водний режим.....	23
2.6. Розрахунок максимального стоку водопілля	25
3.7. Розрахунок максимального стоку зливових паводків.....	31
3.9. Льодові явища.....	35
4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТУ ..	37
5. РЕКОМЕНДОВАНІ ЗАХОДИ З РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ.....	46
5.1 Характеристика руйнувань мосту та проектні заходи	46
5.2 Конструктивні характеристики елементів мостової конструкції	48
5.3 Визначення об'ємів матеріалів та робіт для відновлення мосту.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	59

ВСТУП

Війна з росією, що й досі триває, принесла народу України як людські страждання, так і матеріальні збитки. Значні збитки, зокрема, поніс водогосподарський комплекс та дорожня інфраструктура. За час повномасштабної війни з росією в Україні було зруйновано 345 мостів [10]. То ж важливість питання відновлення мостів без сумніву актуальна.

Відновлення мостів потребує розробки проектів, складовою частиною яких є гідрологічне обґрунтування умов формування максимального стоку річок та визначення пропускної здатності мостових переходів.

Саме цьому питанню і присвячена мета даної роботи: провести гідрологічне обґрунтування для реконструкції мосту автомобільної дороги С051024 Ярова – Дробишеве на р. Нітріус.

Об'єкт дослідження – режим формування максимального стоку на водозборі річки Нітріус.

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності мосту на дорозі С051024 та відповідність проекту мосту вимогам пропуску максимальних вод.

Вихідними даними в роботі послужили картографічні сервіси Google Earth, SAS Planet, ESRI World Imagery, дані гідрологічної вивченості території дослідження.

Рекогносцирувальне обстеження території, а також інженерно-гідрологічні вишукування виконані на об'єкті дослідження ТОВ «ТОПОГРУП» [46], включало огляд ділянки робіт та прилеглої території з метою оцінювання якості та уточнення зібраних матеріалів, які характеризують інженерно-гідрологічні умови району вишукувань, загального ознайомлення та попередньої оцінки умов вишукувальних робіт, візуальної оцінки геоморфологічних особливостей. Останні надали фотоматеріали рекогносцированих досліджень на об'єкті, одне з цих фото

наведене на рис. В.1. Видно, що прольотна частина мосту зруйнована повністю, що потребує фактично нового будівництва з демонтажем зруйнованих конструкцій.



Рисунок В.1 – Зруйнований міст через р. Нітріус. (грудень 2022 р., ТОВ «ТОПОГРУП»)

Для досягнення мети необхідно виконати такі основні завдання:

Провести збір довідникової інформації про гідрологічну та природно-кліматичну вивченість річки Нітріус;

Виконати гідрологічні розрахунки максимального стоку з водозбору р. Нітріус до розрахункового створу;

Виконати гідравлічні розрахунки пропускної здатності мостового прольоту на відповідність нормам;

Представити інженерні рішення по відновленню мосту та інш.

При виконання роботи використане програмне забезпечення: Microsoft Word, Microsoft Excel, QGIS – ГІС з відкритим кодом, прикладні розробки керівника роботи по гідротехнічним розрахункам споруд.

.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ В БАСЕЙНІ р. НІТРИУС

Річка Нітриус є лівою притокою Сіверського Донця і протікає в межах Донецько-Донської північно-степової провінції Степу України [15]. Більша частина водозбору річки розташована в Донецькій області.

1.1. Клімат

Донецька область розташована у степовій зоні південно-східної частини України. Межує з Дніпропетровською, Запорізькою, Луганською, Харківською областями України.

Клімат області помірно континентальний, характеризується досить жарким засушливим літом, порівняно холодною зимою з нестійким сніговим покривом, якого в останні роки практично немає, і з перепадами температур. Вітрові маси, які надходять з Азіатського материка та Нижньоволзьких степів, зумовлюють низькі температури взимку з холодними, а восени та влітку - сухими гарячими вітрами [15].

Пересічна температура січня - 4° на узбережжі Азовського моря до $-7,8^{\circ}$, липня від $+20,8^{\circ}$ на південно східній частині $+22,8^{\circ}$. В останні 6-10 років спостерігаються стабільні аномальні періоди з температурою 35°C і вище. Тривалість без морозного періоду 160 – 170 днів. Сума активних температур 2900° – 3150° . Період з температурою понад $+10^{\circ}$ становить близько 170 днів. Опади складають до 556 мм на Донецькому кряжу [51]. Більша частина з них (70% – 80%) випадає в теплу пору року. Сніговий покрив незначний (потужність до 10 – 19 см з запасами води в них в середньому 6-8 см) і нестійкий. Серед несприятливих кліматичних явищ регулярні відлиги, ожеледь, промерзання ґрунту без снігового покриву; весняні заморозки, вітри, які взимку зумовлюють морози і хуртовини, влітку та весною – спеку, пилові (чорні) бурі, а також літні зливи, град та часті тумани. В 2023 році

аномальним був квітень, коли за даними метеостанції Ізюм випало більше 100 мм опадів, або 300% від норми. Такі надмірні опади можуть спричинити великі максимальні витрати води.

1.2. Рельєф на водозборі річки

Рельєф водозбору р. Нітриус типовий для малих водозборів в басейні Сіверського Донця, з характерною сильною ерозією ґрунтів. Максимальна відмітка на водозборі 202 м – на півночі біля с. Степове (рис.1.1, б). В розрахунковому створі мосту відмітка поверхні землі складає 62 м. Середня відмітка водозбору складає 141 м. Глибина ерозійного врізу рельєфу досягає в центральній частині водозбору річки сягає 70 м.

Пересіченість рельєфу значна. Цьому свідчить розвинена яружно-балочна мережа (див. рис. 1.1, в). Довжина ярів та річищ на водозборі становить 454 км. При площі водозбору 233 км², густота яружної мережі становить 1,95 км/км², що підтверджує високу категорію складності рельєфу. Середній похил водозбору становить 2,12 %, максимальний досягає 10,5 %. Така пересіченість рельєфу створює гранично-небезпечні умови формування максимального стоку на водозборі та спонукає до розвитку ерозійних процесів.

Наявність різноманітних форм рельєфу призвела до створення на них різноманітних видів ґрунтів. На льосовидних породах утворились тучні чорноземи. У заплавах річок та балок утворились лугові чорноземи та лугово-болотні, переважно з засоленими ґрунтами.

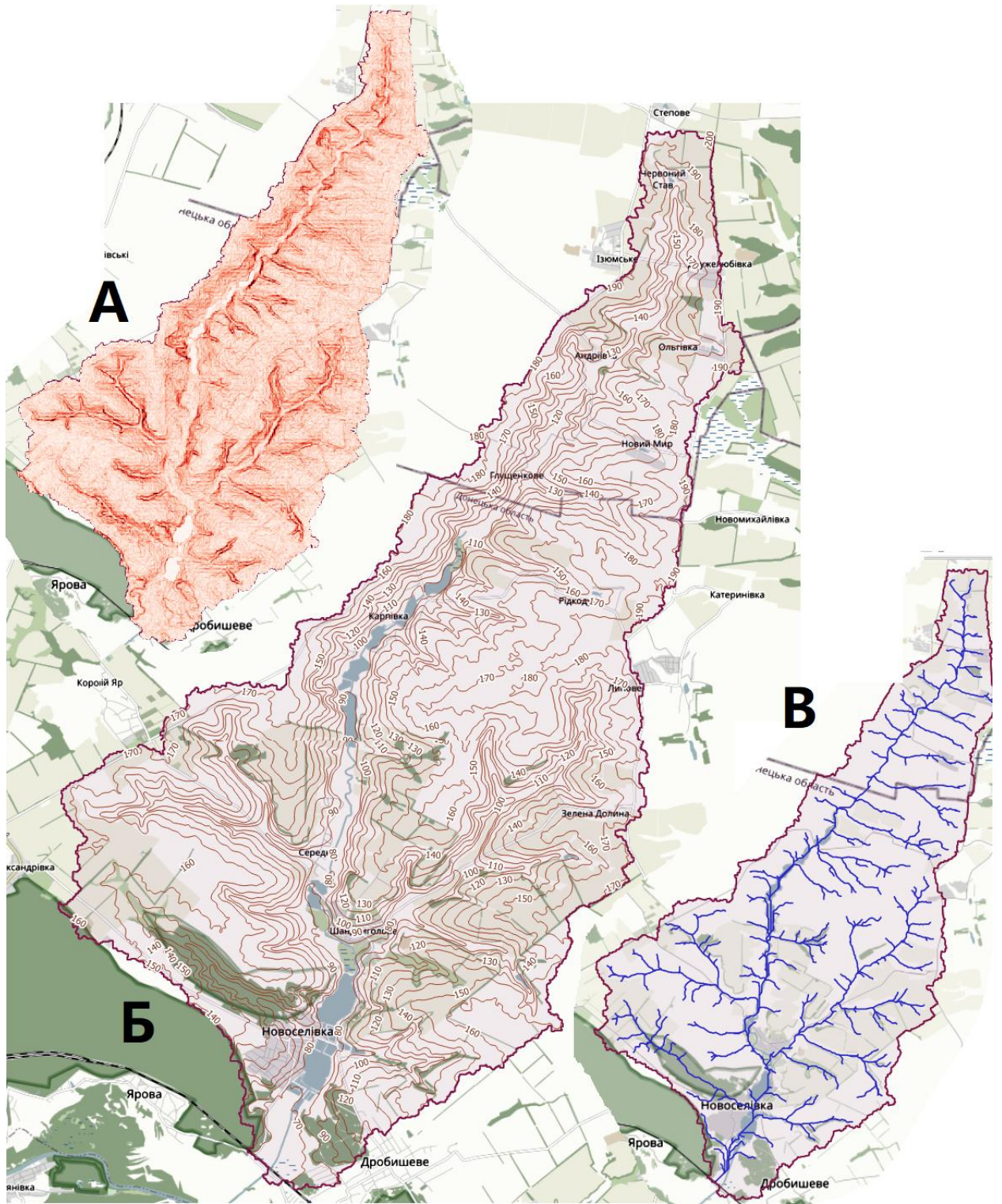


Рисунок 1.1 – Рельєф водозбору р. Нітріус (QGIS): а) похили, б) рельєф в горизонталях, в) яружно-балочна та гідрографічна мережа.

1.3. Інженерно-геологічні й гідрогеологічні умови

За гідрогеологічним районуванням басейн р. Нітриус знаходиться в Приоскольському гідрогеологічному районі [49], рисунок 1.2.

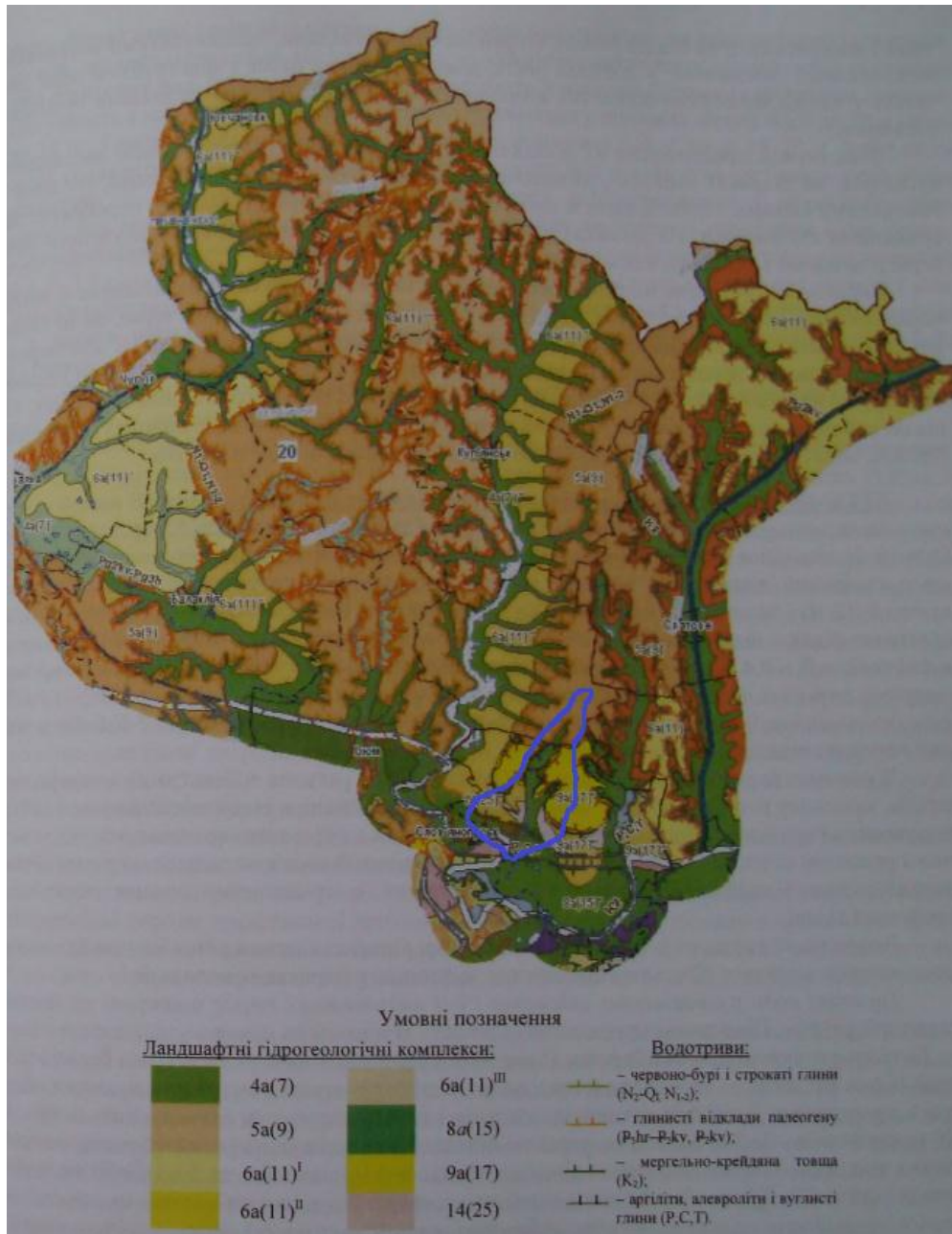


Рисунок 1.2 – Ландшафтні та гідрогеологічні комплекси на водозборі р. Нітриус [49], водозбір виділений синім кольором

Приоскольський гідрогеологічний район розташований на північному сході України і займає південно-західні відроги Середньоросійської височини. З геологічної будови територія розташована у зоні Переддонецької монокліналі Дніпровсько-Донецької западини. Осадочні породи мають спокійне залягання. Геоморфологія району сформувалася внаслідок тривалого геолого-морфологічного розвитку, головним в якому був кайнозойський період. Згідно з геоморфологічним районуванням територія належить до Східноукраїнської ерозійно-денудаційної розчленованої рівнини на крейдовій та неогеново-палеогеновій основі [49].

Розвинуті водоносні горизонти на водозборі відносять до різних відкладів і характеризуються різними умовами залягання та поширення, якістю вод. Найбільш поширеним є горизонт віднесений до тріщинуватих порід крейдової товщі (145 - 66 млн років тому).

1.4. Ґрунти заплави

Ґрунти басейну р. Нітріус – переважно чорноземи звичайні помірно та добре гумусовані, механічний склад переважно важкосуглинковий (рис.1.3). Змиті ґрунти займають значну частину водозбору річки, намиті різновиди розповсюджені у низовій частині; у заплавах вздовж русел річок і балок де поширені дерново-опідзолені піщані та зв'язно-піщані ґрунти в комплексі зі слабогумусованими пісками.

У гирловій частині водозбору річки присутні болота на яких мають поширення гідроморфні та напівгідроморфні ґрунти, очеретяні торф'яники [47]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

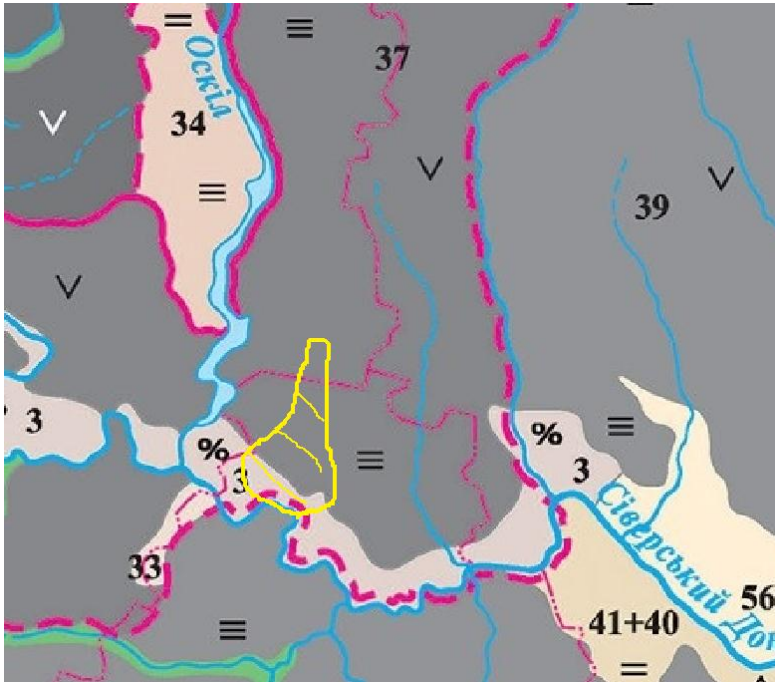


Рисунок 1.3 – Дрібномасштабна ґрунтова карта району дослідження (штриховка): 37 – чорноземи звичайні важкосуглинкові на лесових породах добре гумусоаккумулятивні; 3 – дерново-підзолисті ґрунти [34]

2. СУЧАСНИЙ СТАН МОСТУ НА р. НІТРИУС

Міст на автомобільній дорозі загального користування місцевого значення С051024 Ярова – Дробишеве (на 0+490 км) біля села Дробишеве Донецької області через р. Нітриус, ліву притоку р. Сіверський Донець, на відстані 2,12 км від гирла річки. Координати об'єкту будівництва - $49^{\circ}02'26.4''$ ПнШ $37^{\circ}41'08.8''$ СхД. (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Розташування мосту на р. Нітриус (Google Earth Pro, фото 07.04.2020 р.): 1 – автомобільний міст – об'єкт проектування, 2 – залізничний міст

Дорога відноситься до 5 класу з шириною твердого покриття 6 м. Ширина прольоту мосту 10 м, ширина земляного насипу перед в'їздом на міст – 14 м.

Прольотна частина мосту виконана за типом пальових берегових опор з засипаними устоями (рис.2.2). Довжина її становить $L=36$ м.

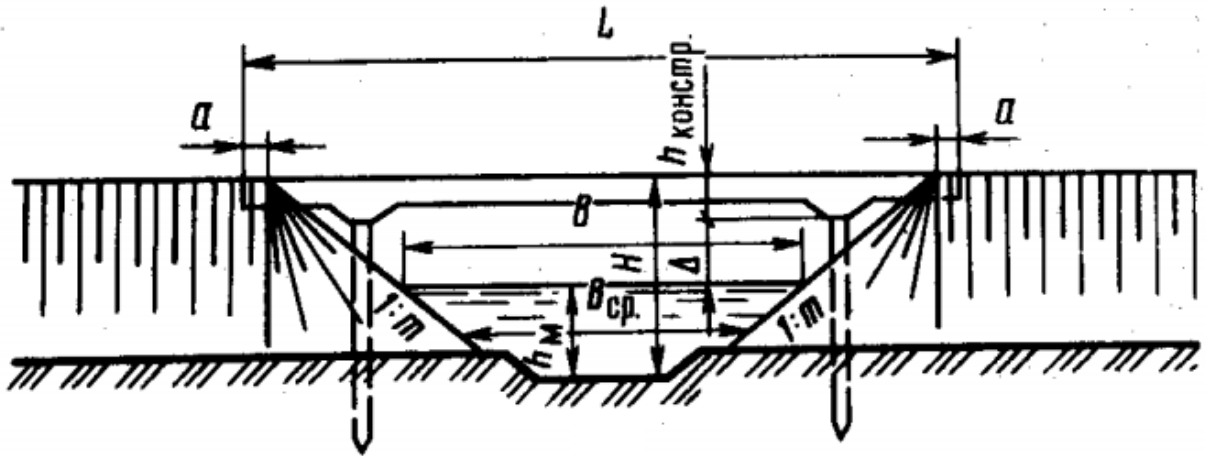


Рисунок 2.2 – Схема мосту через р. Нітріус з поперечним перерізом підмостового русла за типом пальових берегових опор з засипаними устоями

В результаті воєнних дій міст був зруйнований рашистами в квітні 2022 р. (див. рис. В.1-фото). Прольотна частина мосту зрушена з опор (рис.2.3), потребує заміни.

Для обґрунтування конструктивних розмірів та висотного положення прольотної частини мосту необхідно провести розширене гідрологічне обґрунтування параметрів максимального стоку дощових паводків та весняної повені.

В якості вихідних даних використані дані інженерно-геодезичних вишукувань ТОВ «Топогруп», які представлені планом геодезичної зйомки прольотної частини моста (рис.2.4). Ці дані зйомки: послужили основою побудови поперечного профілю підмостового прольоту, визначити гідравлічні умови протікання води під мостом та обґрунтувати рівневий режим під мостом під час пропуску максимального стоку.



Рисунок 2.3 – Фото зруйнованого мосту через р. Нітриєс (Esri World Imagery.
URL: <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>, квітень 2023 р.)

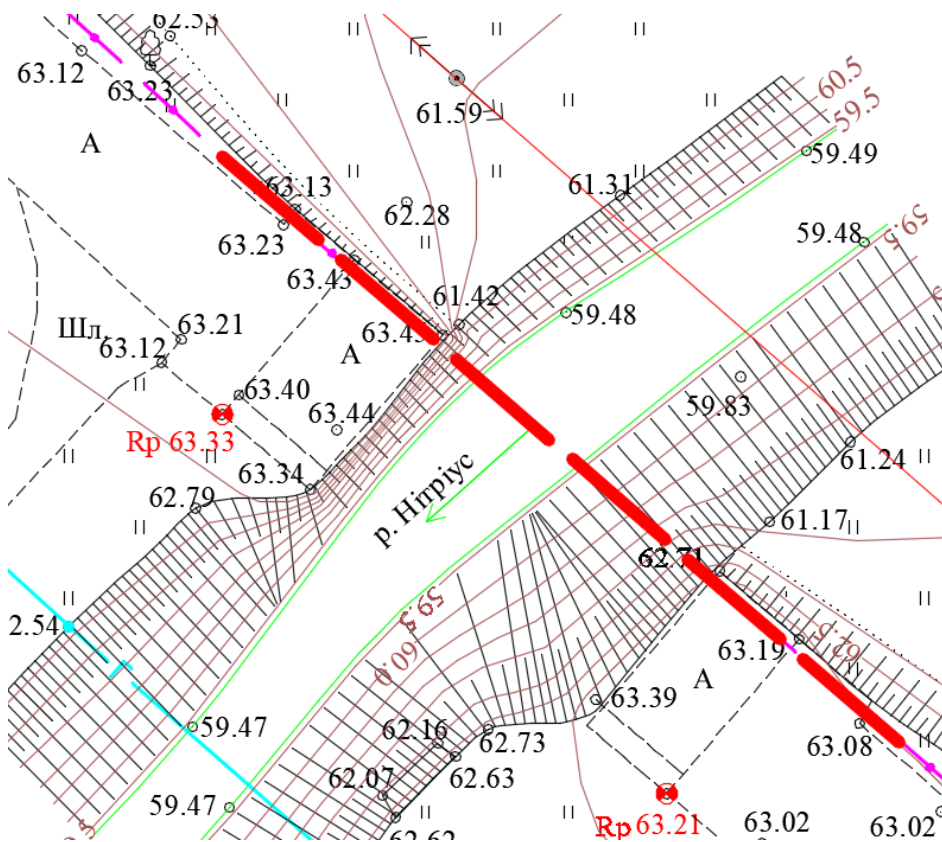


Рисунок 2.4 – Розрахунковий створ вхідного оголовку мосту за яким побудований поперечний профіль – жирна червона лінія (вिकопіровка результату геодезичних вишукувань ТОВ «Топогруп»)

3. ГІДРОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ

3.1. Гідрологічна характеристика р. Нітріус

Річка Нітріус розташована на території Краматорського району Донецької області. Бере початок біля села Червоний Став (Харківська обл.). Річка тече на південь. У гирлі річки розташоване село Пришиб (на правому березі Сіверського Донця).

Згадки про річку зустрічаються з XVII століття, в «Книзі Великого креслення» річка називається «Святий колодязь». Також річка зустрічалася під назвами Нетріус, Неутріус, Нетрівус, Нетрігуз, Нетрус, Деріус. З 1974 року закріпилася назва Нітріус (Wikipedia).

За фізико-географічним районуванням територія водозбору р. Нітріус розташована у Степовій зоні, у Північностеповій підзоні, Донецько-Донської північностепової провінції. Ландшафт типовий північностеповий рівнинно-височинний [53].

Водозбір р. Нітріус відноситься до басейну Сіверського Донця, який впадає в Дон. Відмітка витоку – 197 м БС, гирла - 59 м БС, а в розрахунковому створі – 62 м БС. Довжина річки до розрахункового створу моста 33,1 км (OpenStreetMap), площа басейну до розрахункового створу - 233 км² (рис. 3.1).

Гідрологічна вивченість регіону недостатня. Водомірні пости відсутні. Найближчий вже не діючий – на р. Сіверський Донець в селі Маяки, що розташований в 14 км нижче за течією від гирла р. Нітріус, спостереження на якому проводили до 1955 р. протягом 7 років.



Рисунок 3.1 – Басейн р. Нітріус до розрахункового створу 1 (QGIS)

3.2. Гідрографічна мережа

Гідрографічна мережа – це сукупність усіх рік та інших постійних та тимчасових водотоків, а також озер, водосховищ, боліт та інших водойм на досліджуваній території. Густоту гідрографічної мережі досліджуваної річкової системи визначають як відношення суми довжин річкових потоків даної системи в кілометрах до площі її басейну, вираженої в квадратних кілометрах.

Будова гідрографічної мережі є результатом впливу фізико-географічних чинників – клімату, рельєфу, геологічної будови місцевості.

Незважаючи на невелику площу водозбору, р. Нітриус має розгалужену гідрографічну і особливо яружно-балочну мережу (рис.3.1) . Річка має одну ліву притоку без назви. Довжина водотоків, які протягом більшої частини року не пересихають становить близько 49 км, густота річкової мережі – 0,21 км/км², що добре корелює з довідниковими даними [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Басейн дуже розчленований балками, довжина яружно-балочної мережі разом (без водотоків) складає 405 км , що створює їх густоту біля 1,8 км/км² .



Рисунок 3.2 – Гідрографічна та яружно-балочна мережа басейну р. Нітриус

3.3. Водозбірний басейн

Водозбірний басейн – частина суходолу, обмежена вододілом, з якої відбувається природний стік води у водойму. Межі водозбору р. Нітріус визначені за цифровою моделлю місцевості SRTM (USGS) при обробці в QGIS.

Розрізняють поверхневий та підземний водозбори.

Поверхневий водозбір – ділянка суходолу, з якої надходять води в дану річкову систему і практично визначається рельєфом. Підземний водозбір утворюють товщі пухких відкладів, з яких вода надходить до річкової мережі. Зазвичай поверхневий та підземний водозбори не збігаються.

При розрахунку максимального стоку використані характеристики поверхневого водозбору. До основних характеристик басейну річки, крім його площі, належить довжина, пересічна найбільша ширина, похил, пересічна висота та коефіцієнт асиметрії басейну. Площа басейн р. Нітріус до розрахункового створу мосту (див. рис.3.1) складає 233 км², довжина басейну 31 км, середня ширина – 7,5 км, найбільша ширина в нижній його частині– 14 км.

Рельєф басейну – типовий для Донецького кряжу, глибина ерозійного врізу долини річки подекуди досягає лиману 50-70 м. Найбільші відмітки земної поверхні в басейні спостерігаються по вододілу біля витoku річки та її притоків – 180-200 м від рівня моря, найменші в розрахунковому створі – 62 м. Загальний ухил басейну з півночі на південь. Басейн має в плані форму «груші».

Лісів (без лісосмуг) в басейні (до розрахункового створу) близько 4,7 км², лісистість 2,0 %. Ліси розташовані в гирловій частині басейну річки, тому суттєвого впливу на затримання талого стоку не матимуть. Боліт небагато, близько 63 га і вони притаманні зарегульованим частинам заплави річки, тому їх необхідно враховувати разом з затопленими землями заплави

рибогосподарськими ставками, яких, як відмічено в п.2.5, близько 6 км², тоді заболоченість басейну складе 2,6 %.

3.4. Зарегульованість басейну

Регулювання стоку в басейні Сіверського Донця в радянські часи набуло значних розмахів. Не виключенням є і мала річка Нітріус. Регулювання стоку це штучний перерозподіл у часі річкового стоку відповідно до вимог споживання, який відбувається у збільшенні чи зменшенні стоку в порівнянні з природним режимом у певні гідрологічні періоди.

Регулювання стоку здійснюється шляхом створення водосховищ та ставків, і зумовлено потребами забезпечення водою різних галузей господарства. Зарегульованість малих річок Степу України, як правило, носить сезонний характер, рідше – багаторічне регулювання. При сезонному затримують повеневі та паводкові води та витрачають їх у маловодний період року. Ступінь зарегульованості характеризується коефіцієнтом зарегульованості стоку.

Зарегульованість басейну р. Нітріус ставками висока. Це пов'язано з наявністю рибогосподарських ставків в районі сіл Карпівка та Новоселівка. В басейні розташовані 36 ставків [43], площа водного дзеркала їх 371 га (QGIS), об'єм 7,73 млн.м³. Також в басейні розташовані 2 водосховища, площа водного дзеркала який 217 га, повний об'єм їх складає 3,82, а корисний 2,11 млн.м³ [43]. Ставки переважно малі, середня площа 10 га.

У теперішній час спостерігається нехватка місцевого стоку та обміління ставків: рекогносцировка за допомогою Google Earth Pro (2021) та даних дистанційного зондування Землі (EOS, Land Viewer, 2022), зокрема практично обезвожені рибогосподарські ставки в с. Новоселівка (рис.3.3).

Враховуючи площу водного дзеркала ставків та водосховищ (близько 500 га) їх сумарна регулююча ємність оцінена об'ємом в 5-7 млн. м³. Акумуляююча здатність штучних водних об'єктів буде врахована при визначенні максимальних витрат коефіцієнтом зарегулювання стоку.



Land Viewer, індекс NDWI
15.10.2022 р
(даніх)

Google Earth Pro
17.09.2021 р.

OpenStreetMap
(база

Рисунок 3.3 – Рибгосп, с. Новоселівка. Порівняння стану водойм дистанційними сервісами

2.5. Водний режим

Водний режим – зміна рівнів та об'ємів води у водоймах, пов'язана із сезонними змінами погоди, інколи з антропогенним впливом.

Внутрішньорічному водному режиму водойм властиве закономірне чергування періодів підвищеної та низької водності, які відображають зміни умов живлення. Ці періоди називають фазами водного режиму. Основними фазами є водопілля (висока водність), межень літня та зимова (низька водність), дощові паводки.

Водний режим характеризується весняною повінню з стрімким підйомом рівнів води і літньо-осінньо-зимовою межінню, яка зрідка переривається підйомами води від дощових опадів. Живлення річки формується зі стоку поверхневих вод від дощів і сніготанення з потічків та джерельного живлення. Особливістю річок Донецького кряжу є їх відносно високе ґрунтове живлення. Вихід джерельних вод з-під подошви крейдяного схилу річки Нітриус біля села Шандриголово взято під охорону та має статус гідрологічної пам'ятки природи місцевого значення «Криниці» (Wikipedia). Все це обумовлює вищий в порівнянні з умовами північного Степу середньорічний модуль стоку і для водозбору р. Нітриус він складає близько $2,2 \text{ л/с/км}^2$ [47**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Деяке значення має зарегулювання стоку в ставках, які затримують частку весняного стоку, а в межений період підживлюють і стабілізують підземні водоносні горизонти.

Спостережень за водним режимом р. Нітриус немає. Тому за аналог прийнятий водний режим р. Кривий Торець, притокою якого є р. Нітриус. Внутрішньорічний розподіл стоку прийнятий за даними довідника [47**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], і наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Внутрішньорічний розподіл стоку по р. Кривець [47**Ошибка! Источник ссылки не найден.**],

(розрахунковий розподіл стоку річок (в % від річного) Донецько-Приазовського гідрологічного району за характерні по водності роки (1 – багатоводний, 2 – середній, 3 – маловодний. 4 – дуже маловодний)

Водність года	По місяцям												По сезонам				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	весна (II–IV)	літо (V–VII)	осінь (IX–XI)	зима (XII–I)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					13
65. Кривий Торець — пос. Алексеево-Дружковка, $F=1530$ км ²																	
1	11,6	2,1	34,6	11,5	10,9	3,2	6,6	2,5	3,7	4,0	4,6	4,7	48,2	23,2	12,3	16,3	
2	6,9	8,6	36,0	16,0	10,9	3,2	4,4	2,0	1,8	3,0	4,2	3,0	60,6	20,5	9,0	9,9	
3	3,5	10,4	41,8	21,7	7,5	2,1	5,2	0,9	1,0	1,5	2,2	2,2	73,9	15,7	4,7	5,7	
4	5,2	10,6	43,0	22,3	4,1	1,2	2,8	0,5	1,4	2,3	3,3	3,3	75,9	8,6	7,0	8,5	

Виходячи з довідникових даних середній річний стік для розрахункового створу на р. Нітріус можна характеризувати наступними даними, табл. 3.2:

Таблиця 3.2 – Основні гідрологічні характеристики річного стоку по р. Нітріус

1.	Площа басейну,	км ²	233
2.	Відстань від гирла до розрахункового створу,	км	2,2
3.	Середня багаторічна витрата, Q_0	м ³ /с	0,51
4.	Мінімальна розрахована середньорічна витрата	м ³ /с	Визначається підземним живленням
5.	Середній багаторічний модуль стоку, M_0	л/с/км ²	2,2
6.	Середній річний шар стоку, H_0	мм	69
7.	Середній річний об'єм стоку, W ,	млн. м ³	16,1
8.	Коефіцієнт варіації річного стоку, C_v^1		0,44
9.	Коефіцієнт асиметрії, C_s^1		$2C_v$

В середній за водністю рік максимальна середньомісячна витрата (березень) складе $2,2$ м³/с .

В сухий (меженний) період р. Нітріус пересихає.

2.6. Розрахунок максимального стоку водопілля

Повінь – фаза водного режиму, яка щороку повторюється в даних кліматичних умовах в один і той самий сезон року, характеризується

найбільшою водністю, високим та тривалим підйомом та спадом рівнів води у водоймі. Термін настання повені залежить від типу живлення та кліматичних умов. Інтенсивність повені сильно коливається з року в рік, також в роки з аномальним погодним режимом вона може зміщуватись на інші сезони.

Весняні повені спостерігається не кожного року. Останніми роками, у зв'язку зі зміною клімату, практично відсутній постійний сніжний покрив і як результат весняна повінь стала неявною.

Розрахунки максимальних витрат і об'ємів стоку весняних повеней р. Нітріус в створі проектного мосту виконані по формулі граничної інтенсивності і приведені в табл. 3.3.

$$Q_p = 0,28 \cdot a_m \cdot \varphi \cdot F \cdot \rho \cdot r \cdot \lambda, \quad (3.1)$$

де Q_p – максимальна миттєва витрата ($\text{м}^3/\text{с}$) ймовірністю перевищення $P\%$;

0,28 – коефіцієнт вимірювання;

a_m – максимальна інтенсивність водовіддачі (мм/год) 1%-вої ймовірності перевищення;

φ – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати;

F – площа водозбору, км^2 ;

ρ – коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодноразовості віддачі стоку з басейну;

r – коефіцієнт, що враховує вплив системи водосховищ;

λ – коефіцієнт ймовірності перевищення максимальних витрат води.

Визначення складових формули (3.1) відповідає методиці розрахунку за [47 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Значення регулюючих об'ємів прийняті для двох створів:

1 – каскад ставків в с. Карпівка (створ по греблі нижнього ставка);

2 – ставки рибгоспу в с. Новоселівка (за розрахунковий створ прийнятий створ мосту, тобто вся площа водозбору).

Розрахункові параметри для визначення регулюючого об'єму ставків представлені в табл. 3.4.


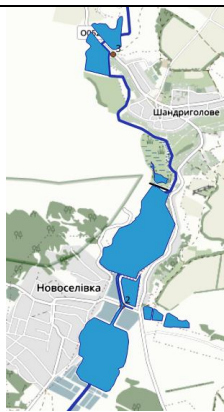
Таблиця 3.3 - Розрахунки максимальних витрат весняних повінь по р. Нітріус*

Найменування показників	№	Нітріус
№ створу (ставка)		1
Площа басейну F , $км^2$		233
Довжина водотоку L , $км$		33
Відстань від гирла, $км$		2,2
Падіння ріки H , $м$		73
Інтенсивність водовіддачі a_m , $мм/год$		7,5
Коефіцієнт форми та шорсткості русла a , (табл. 85) $км/добу$		6
Швидкість добігання хвилі повені $v=aH^{1/3}$ $км/добу$		25,1
Тривалість добігання хвилі повені $t=L/v$, $діб$		1,32
Тривалість водовіддачі від сніготанення t_c , (рис. 49)(рис.45) $діб$		4,50
Співвідношення $n=t/t_c$		0,29
Коефіцієнт редукції: - $j=(0,28+0,07n)/(1+2n)$ при $n>1$; ($t>t_c$) - $j=0,35/(1+2n)$ при $n<1$; $t>1$ - $j=t_c/(0,92t_c-0,24+(1,94t_c+5,95)t)$; при $t<1$		-
		0,221
		-
Площа лісів в басейні f_l , $км^2$		4,7
Площа боліт в басейні f_b , $км^2$		0,63
Коефіцієнт складу лісів a		0,85
Коефіцієнт підвищення часу водовіддачі за рахунок залісеності та заболоченості $m=1+af_l/F+f_b/F$		1,02
Умовний час початку віддачі стоку: - у витoku ріки T_u , (рис. 50) $діб$		4,3
- в розрахунковому створі ріки T_c , (рис. 50) $діб$		4,0
Тривалість неодночасності віддачі стоку $t_n=T_u-T_c$ $діб$		0,3
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності сніготанення $r=(t_c+t)/(mt_c+t+t_n)$		0,94
Регулюючий об'єм водосховища W_1 , $млн. м^3$		1,76
Водозбірна площа водосховища f_1 , $км^2$		93,6
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_1=0,001h_{p1}\%f_1$, $млн. м^3$		13,6
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r_1=1-(W_1/S_1)[1-(1-f_1/F)^{0,75}]$		0,96
Регулюючий об'єм водосховища W_2 , $млн. м^3$		4,56
Водозбірна площа водосховища f_2 , $км^2$		233
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_2=0,001h_{p2}\%f_2$, $млн. м^3$		33,79
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r_2=1-(W_2/S_2)[1-(1-f_2/F)^{0,75}]$		0,87

Найменування показників	№	Ніг- р. рису
Сумарний коефіцієнт зарегулювання водосховищами, $r=r_1r_2$		0,83
Максимальна витрата $Q_{1\%}=0,28a_mjFrrl$, 1%	m^3/c	84,0
Забезпеченість, P, %/модульний коефіцієнт, l, 3%	0,75	63,0
5%	0,64	53,7
10%	0,47	39,5
25%	0,25	21,0
0,5%	1,19	99,9
Шар стоку повені 1 % забезпеченості $h_{p1\%}$, (рис.48)	мм	145
Об'єм стоку повені $W_{1\%}=0,001h_{p1\%}F$, 1%	млн. м ³	32,0
Забезпеченість, P, %/модульний коефіцієнт, l, 3%	0,73	23,4
5%	0,59	18,9
10%	0,37	11,8
25%	0,16	5,1
0,5%	1,18	37,8

* - посилання в даній таблиці на формули, рисунки та таблиці в [47] **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Таблиця 3.4 - Розрахункові параметри визначення регулюючого об'єму в розрахункових створах

Показник	Методика визначення	Створ 1 (с. Карпівка)		Створ 2 (с. Новоселівка)	
Площа водозбору, км ²	QGIS	93,6		233	
Площа водного дзеркала ставків-регуляторів S, км ²	QGIS		1,76		2,28
Проектна глибина регулювання h_p , м	ФПГ-НПГ	1,0		2,0* * ставки обезвожені, можливості регулювання підвищені	
Об'єм регулювання V_p ,	$V_p=S \cdot h_p$	1,76		4,56	

млн.м ³			
--------------------	--	--	--

Зменшення інтенсивності весняних повеней спостерігається по всіх річках України і пов'язано з глобальним потеплінням клімату, зменшенням накопичення снігу взимку.

Підсумкові дані максимальних витрат і об'ємів стоку весняних повеней в створі проектного мосту на р. Нітріус приведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Максимальні витрати і об'єми стоку весняних повеней р. Нітріус (розрахунковий створ)

Розрахункові створи	Забезпеченість P, %					
	0,5	1	3	5	10	25
р. Нітріус, створ мосту , F_{бас.}=233 км²						
Максимальні витрати, м ³ /с	100	84	63	54	40	21
Об'єм стоку повеней, млн. м ³	38	32	23	19	12	5

Примітка до табл.3.5:

Вище розрахункового створу мосту (рис.3.4, 1), за течією р. Нітріус на 110 м, паралельно автомобільній дорозі проходить залізнична дорога (рис.3.4, 2). Мостова конструкція останньої може бути перешкодою на шляху руху водопілля, а заболочена заплава додатковою регулюючою ємністю. Витрати максимального стоку будуть залежати від пропускної здатності залізничного мосту і, очевидно, будуть дещо меншими від наведених в табл. 3.4.

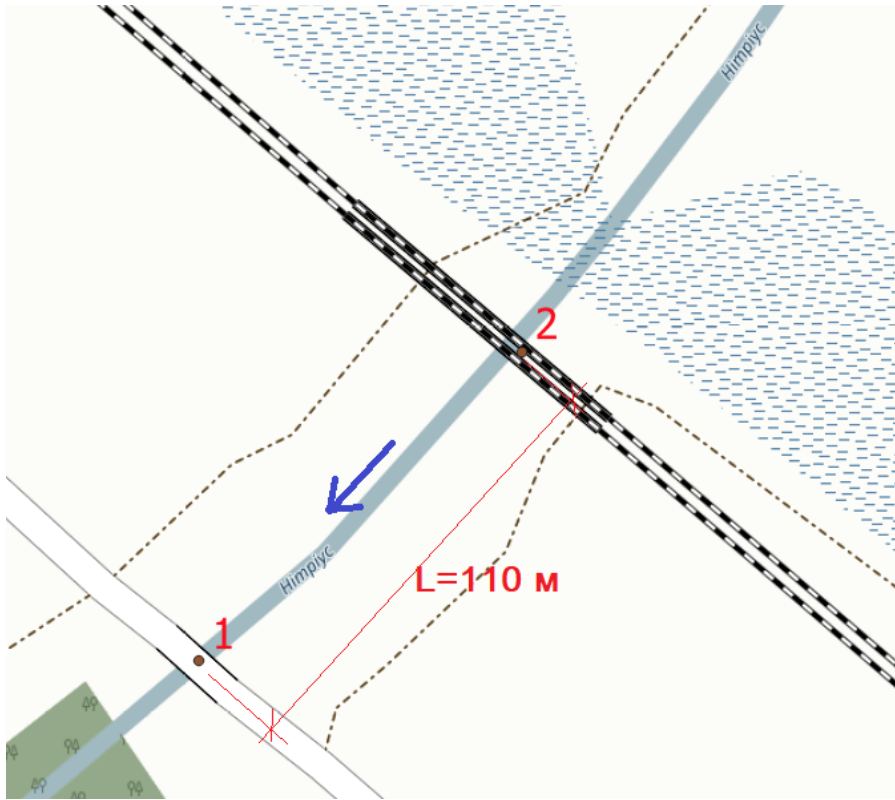


Рисунок 3.4 – Планове розташування розрахункового створу (1) та створу залізничної дороги (2) (*OpenStreetMap*)

3.7. Розрахунок максимального стоку зливових паводків

За географічним положенням басейн р. Нітріус розташований в зоні розвинутої зливної діяльності. Тут фактично щорічно випадають великі зливи (100 мм і більше). Характерними для всієї території є різке коливання інтенсивності дощу за короткі відрізки часу. Максимальна інтенсивність досягає 7 мм/хв.

Інтенсивність зливових паводків по р. Нітріус, за рахунок малої площі водозбору та відповідно високого значення коефіцієнту редуції для водозбору в цілому, порівняна з інтенсивністю весняних повеней. В останній період, в зв'язку з кліматичними змінами та відсутністю сніжних зим, зливі опади набувають вирішального значення при проектуванні водопропускних ГТС на малих річках, площею до 200 км² особливо.

За відсутності даних спостережень за максимальним зливовим стоком розрахунки проведені як для випадку відсутності спостережень за ключовим фактором утворення максимальної витрати паводку – максимальної зливної водовіддачі та за коефіцієнтом редуції максимального зливого стоку використовуючи дані річки аналога. За останню прийнята р.Болховець 1, водозбір якої в басейні Сіверського Донця, а площа водозбору близька до площі р. Нітріус (384 км²).

Розрахунок максимальних дощових витрат проведений за формулою, розробленою П.Ф. Вишневським [12], яка опублікована в 1964 р. в книзі «Зливи та зливовий стік в Україні».

$$Q_p = 1.67 \cdot h_m \cdot F \cdot \varphi \cdot n \cdot r \cdot r_1 \lambda, \quad (3.2)$$

де Q_p – максимальна миттєва витрата (м³/с) ймовірністю перевищення $P\%$;

1,67 – коефіцієнт вимірювання;

h_m – максимальна злизова водовіддача (мм/10 хв) 1%-вої ймовірності перевищення;

φ – коефіцієнт редукції модуля максимального зливогого стоку;

F – площа водозбору, км²;

n – коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності віддачі стоку з басейну;

r – коефіцієнт, що враховує вплив системи водосховищ;

r_1 – коефіцієнт природного зарегулювання витрати заболоченими заплавами;

λ – коефіцієнт переходу від вихідної ймовірності перевищення максимальних витрат води до розрахункової.

Основні результати зливогого стоку наведені в табл. 3.6. та 3.7.

Таблиця 3.6 – Розрахована характеристика дощового паводку по розрахунковому створу на р. Нітріус:

Найменування показників	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення	
Площа басейну	F	км ²	233	
Довжина водотоку	L	км	33,0	
Падіння ріки H ,		м	77	
<i>відмітка виток</i>		м	136	
<i>відмітка горизонту води в розрахунковому створі</i>		м	59,48	
середньозважений похил річки,	i_v	промилле	2,33	

Розрахунок характеристик дощового паводку для досліджуваного створу на р. Нітріус наведений в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок характеристик дощового паводку
для досліджуваного створу на р. Нітриус:

		р. Нітриус	
№ наближення		1-ше	2-ге
Площа басейну F ,	$км^2$	233	
Довжина водотоку L ,	$км$	33,0	
Падіння ріки H ,	$м$	77	
відмітка витоку	$м$	136	
відмітка горизонту води в розрахунковому створі	$м$	59,48	
середньозважений похил річки, i_b	$промилл$ $е$	2,33	
Витрата 1%-ої забезпеченості за аналогом (табл. 87-за площею)	$м3/сек$	182	
Розрахована (ф-ла 41) витрата 1%-ої забезпеченості для розрахункового створу: перше та друге наближення		74,0	66,9
Максимальна водовіддача дощового стоку 1%-ої забезпеченості hm (рис.59-з карти)	$мм/10 хв$	4	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки (за аналогом) (табл.90)	$км/добу$	56,8	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки розрахована (ф-ла 44)	$км/добу$		50,55
- тривалість водовіддачі макс. Зливового стоку t_c	$год$	2,00	2,00
- співвідношення $n1=\tau/t_c$; $t_c=2 год$		6,97	7,83
- Тривалість добігання хвилі повені $\tau=24L/v$, (ф-ла 43)	$годин$	13,94	15,67
Коефіцієнт редуції: - $\varphi=(2,26)/(1+6,3n1)$ при $n<1$; - $\varphi=0,626/(1+1,02n1)$ при $n>1$;		0,077	0,070
Площа лісів в басейні f_l ,	$км^2$	4,7	
Площа боліт та заболочених заплав в басейні f_6 ,	$км^2$	0,63	
Коефіцієнт складу лісів α ,		0,85	
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості n (ф-ла 47)		0,998	1
- Коефіцієнт m (ф-ла 48)		1,020	1
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F<60 км^2$ (ф-ла 54)		29,4	29,4
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F>60 км^2$ (ф-ла 56)		22,6	22,6
Складові шару стоку: β		1	1
φ_1		1	1
- сумарна площа ставків та водосховищ (QGIS)	$га$	404	
Висота регулюючого шару в ставках H , (Прийнятий 50% форсованого напору)	$м$	0,5	

		р. Нітриєс	
№ наближення		1-ше	2-ге
Співвідношення площі широкої заболоченої заплави до площі водозбору (QGIS)	%	0,270	
Коеф. r , для врахування регулюючого впливу ставків та водосховищ (ф-ла 49)		0,617	
Коеф. r_1 , для врахування регулюючого впливу заболоченої заплави (ф-ла 52)		1	
Регулюючий об'єм водосховища W_1 , (рекомендовано приймати половину можливого шару спрацювання)	млн. м ³	1,76	
Регулюючий об'єм водосховища W_2 ,	млн. м ³	4,56	
Водозбірна площа водосховища до розрахункового створу F ,	км ²	233,0	
Попередньо прийнятий Шар стоку 1%-ої (табл.87 для аналога)	мм	35,0	
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищами та ставками, r_2 ,		0,613	
Максимальна витрата $Q_{i\%}$ $Q_m = 1,67 F h_m \varphi n r r_1 k_1 \lambda$, (41)	л ³ /с	66,9	
Забезпеченість, P , %/модульний коефіцієнт, λ , (табл.93)		3% 0,70	46,8
		5% 0,60	40,1
		10% 0,43	28,8
		25% 0,25	16,7
		0,5% 1,17	78,3
Шар стоку дощового паводку 1 % забезпеченості $h_{p1\%}$,	мм	22,6	
Об'єм стоку повені $W_{1\%} = 12000 h m F \beta_1 \varphi_1 \lambda_1 r_2$, (ф-ла 55)	млн. м ³	1%	6,9
Забезпеченість, P , %/модульний коефіцієнт, λ ,		3% 0,7	4,8
		5% 0,60	4,1
		10% 0,43	2,9
		25% 0,25	1,7
		0,5% 1,17	8,0

Таким чином зливовий максимум (як витрата, так і об'єм стоку) дещо менший максимуму повені, тому **обґрунтування максимальних рівнів (п.4.1) виконано саме на витрату весняного водопілля.**

3.9. Льодові явища

Відповідно до навчальної літератури до основних льодових явищ на водних об'єктах відносять льодоста, зажори, затори, льодохів, скресання, сало, шуга. З потеплінням клімату все менше ці явища проявляються в Степу України.

Як відмічено в довідниках [15,19, 47] основні особливості льодового режиму виражені в наступному «...із зниженням температури повітря нижче 0 °С на річках утворюється льодовий покрив і вони переходять у фазу зимового режиму. Початком зимового періоду умовно вважають сталу появу від'ємних температур повітря, які супроводжуються виникненням на річці льодових явищ. Кінцем зимового періоду вважають момент очищення річки від льоду, хоч може було б більш правильно вважати кінцем цього періоду початок інтенсивного підвищення весняної води».

За гідрологами [39] та інш. Означення сновних льодових явищ наступне : «*Льодовий режим* – сукупність закономірно повторюваних процесів виникнення, розвитку та руйнування льодяних утворень на водних об'єктах. *Зимовий режим* – це сукупність усіх процесів, які протікають у річках протягом періоду з переважанням від'ємних температур повітря. За характером зимового режиму всі річки поділяють на три групи: *замерзаючі*(наприклад, річки рівнинної території України), *із нестійким льодоставом*(гірські річки) і *незамерзаючі* (річки в субтропічних районах). У льодовому режимі замерзаючих річок виділяють три фази: замерзання, льодостав і скресання».

Льодові явища на р. Нітріус спостерігаються у вигляді заберегів, шуги, льодоставу та льодоходу. По спостереженням по в/п на р. Кривий Торець біля с. Олексієво-Дружківка (до 1962 р.) льодові явища в середньому починаються 8 грудня, закінчення льодових явищ – 10 березня. Найбільша тривалість льодоставу 134 доби (1941-42 рр.), середня – 71 доба [47] **Ошибка!**

Источник ссылки не найден.]. В останні роки зими стали значно м'якшими і стабільного льодоставу не спостерігається.

Вірогідність утворення зажорних та заторних явищ на залізничному та автомобільному мостах р. Нітріус дуже мала враховуючи рівневий режим розрахункової повені. За даними розрахунку запас між максимальним 1%-вим рівнем та низом прольоту моста становить 1,10 м (див. рис. 2.6).

4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТУ

Рівень води одна з найголовніших гідрометричних характеристик, яка є основою обґрунтування водообліку на водних об'єктах. Рівень це «висота поверхні води водного об'єкті над умовною горизонтальною площиною, узятою для порівняння. Рівень води – важливий елемент водного режиму. Від його висоти залежить глибина та ширина водойми, площа водного перерізу, похили, швидкості течії, витрати води» [39].

Коливання води у водоймах тісно пов'язане з характером живлення. Проте на режим рівнів водотоків значний вплив мають і морфологічні особливості будови русла (характер та розміри поперечного профілю, похили, заплави). Морфологічні параметри визначені в розділі «Гідрологічні розрахунки».

Коливання рівнів річок зумовлюється насамперед змінами кількості води, яка переноситься за певний час, тобто її витрат. Тому режим рівнів перебуває під впливом тих самих факторів, що й режим витрат.

Максимальні рівні води в розрахунковому створі мосту через р. Нітріус встановлюються на природних законах рівноваги русла та течії. Зі сторони верхнього б'єфу на відстані 110 м знаходиться залізничний міст. Русло річки між двома мостами має класичну трапецієвидну призматичну форму (штучно підготовлене) (див. рис.2.4 – геодезичний план). Зі сторони нижнього б'єфу ніяких перешкод до гирла немає. При пропуску максимальних витрат очевидно може бути додатковий підпір, що призведе до роботи моста в розрахунковому створі, як водопропускної споруди по типу водозливу з широким порогом, у підтопленому гідравлічному режимі.

Для оцінки ступеня підтоплення необхідні детальні дані по поздовжньому та поперечних профілях річки Нітріус в нижньому б'єфі. Ці додаткові умови враховані в розрахунках коефіцієнтом шорсткості русла та коефіцієнтом підтоплення.

Для побудови поперечного профілю руслової частини річки (рис.4.2 та рис.4.3) в розрахунковому створі використані дані геодезичної зйомки моста (див. рис.2.4). Профіль побудований по створу вхідного оголовка мосту (див. рис.2.4, червона жирна лінія),

Розрахунки по руслу виконані по формулі рівномірного руху води у відкритих руслах [50], в основі якої всесвітньо відома формула Шезі

$$Q = \omega C (RI)^{0.5}, \quad (4.1)$$

де: ω – площа живого перерізу в розрахунковому створі, м²;

C – коефіцієнт Шезі, м^{0.5}/с;

R – гідравлічний радіус, м;

I – гідравлічний похил водної поверхні.

Коефіцієнт шорсткості для русла річки вище розрахункового створу прийнятий $n=0,038$ [50]. Його значення – це середньовиважена шорсткість русла як в підмостовому прольоті, так і в руслі річки до та після мосту.

Для визначення гідравлічних характеристик в підмостовому прольоті використана розрахункова формула протікання води через для водозливу з широким порогом, яка має вигляд:

$$Q = \sigma_n m B^* (2g)^{0.5} H^{1.5}, \quad (4.2)$$

де: σ_n – коефіцієнт підтоплення: врахування особливостей пропуску максимальний витрат в стіснених та забудованих умовах нижнього б'єфу, $\sigma_n=1,0-0,6$ і визначається в кожному конкретному випадку розрахунку ;

m – коефіцієнт витрати для водозливу з широким порогом, $m=0,32$;

B^* – ширина по урізу води русла в створі мосту (визначена з врахуванням змінного профілю (див. рис. 3.6) і приведена до площі живого перерізу);

H – глибина води в верхньому б'єфі (напір на гребні водозливу), м.

Відповідно до рекомендацій довідників з гідравліки [50] для водозливів з широким порогом залежність значення коефіцієнта підтоплення (рис.4.2) від співвідношення глибин води в нижньому б'єфі мосту (на рисунку 4.1 – глибина h_6 , в літературі [48] її називають глибина підтоплення h_p).

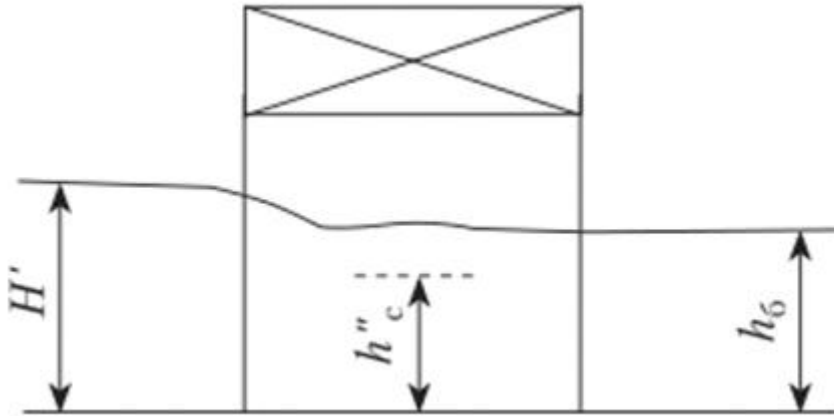


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема до гідравлічного розрахунку підмостового прольоту

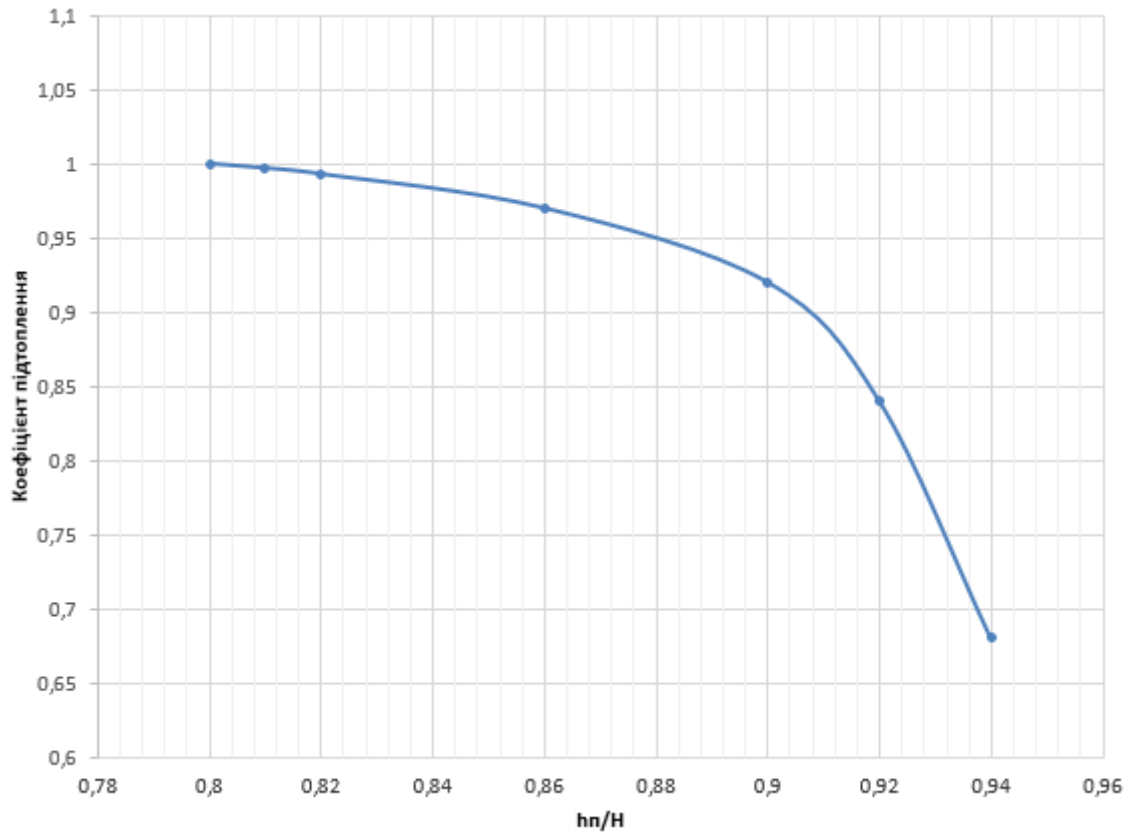


Рисунок 4.2 – Коефіцієнт підтоплення для водозливу з широким порогом

Гідравлічні розрахунки для підмостового прольоту зведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Гідравлічні розрахунки пропускної спроможності русла в нижньому б'єфі мосту

Гідравлічний параметр	Одиниця вимірювання	Рівень води в верхньому б'єфі мосту, м БС			
		58,48	59,48	61	63,19
змочений периметр, χ	м	7,15	16,04	29,12	39,63
Гідравлічний радіус, R	м	0,12	0,66	1,36	2,66
Коефіцієнт Шезі, C	м ^{0,5} /с	19,41	24,53	26,38	28,16
Витрата, Q	м³/с	0,22	8,11	47,34	188,60
Середня швидкість, V	м/с	0,26	0,77	1,20	1,79
Середня глибина, hc	м	0,13	0,82	1,56	3,03
Максимальна глибина, H	м	0,26	1,26	2,78	4,97
Ширина по урізу води, B	м	6,50	12,83	25,43	34,81
Площа живого перерізу, ω	м ²	0,85	10,5	39,6	106

Таблиця 4.2 - Гідравлічні розрахунки пропускної спроможності русла підмостового прольоту

Гідравлічний параметр	Коефіцієнт підтоплення	Рівень води в верхньому б'єфі мосту, м БС			
		58,48	59,48	61	63,19
Витрата, $Q, \text{м}^3/\text{с}$	1	0,439	14,2	77,3	266
	0,9	0,38	12,8	69,6	239
	0,8	0,34	11,4	61,8	212
	0,6	0,25	8,54	46,4	159
	0,3	0,13	4,27	23,2	79,8
Середня швидкість під мостом без підтоплення, $V, \text{м}/\text{с}$		0,72	1,59	2,36	3,16

Нижче показані пропускна здатність мосту та рівневий режим в розрахунковому створі для повені (рис.4.1 та рис.4.2)

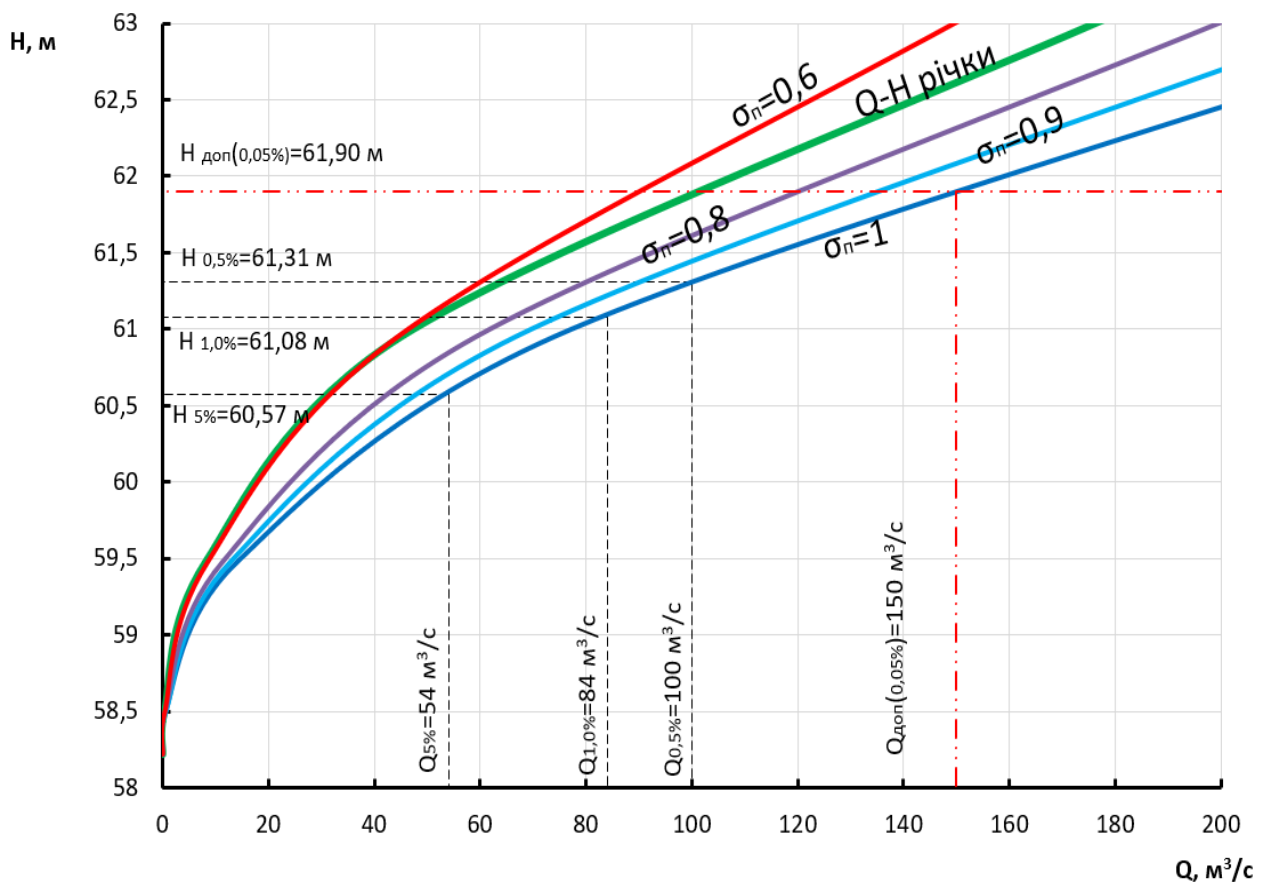


Рисунок 4.1 – Пропускна здатність мосту в розрахунковому створі з витратами максимальної весняної повені та відповідними їм рівнями в верхньому б'єфі:

- Криві $Q-H$ при коефіцієнті підтоплення $\sigma_{\text{п}}=1$; $\sigma_{\text{п}}=0,9$; $\sigma_{\text{п}}=0,8$; $\sigma_{\text{п}}=0,6$ – це криві пропускної здатності мостового прольоту при відсутності ($\sigma_{\text{п}}=1$) та наявності ($\sigma_{\text{п}}=0,9$; $\sigma_{\text{п}}=0,8$; $\sigma_{\text{п}}=0,6$) підпору зі сторони нижнього б'єфу;
- Крива $Q-H$ річки – пропускна здатність русла в верхньому б'єфі при відсутності підпору з НБ;
- $H_{\text{доп}(0,05\%)}$ – найвищий допустимий рівень води в ВБ за умови не переливу через міст і відповідна йому максимально допустима витрата $Q_{\text{доп}(0,05\%)}$.

Крива $Q-H$ річки фактично співпадає з кривою $Q-H$ при коефіцієнті підтоплення $\sigma_{\text{п}}=0,7$ для якого співвідношення глибин в нижньому б'єфі до верхнього ($h_{\text{п}}/H$) для водозливів з широким порогом становить 0,944 [50].

Таким чином, у випадку виникнення підпору зі сторони НБ, гранична (максимально допустима) відмітка води в НБ при пропуску 0,5%-ої витрати ($Q=100 \text{ м}^3/\text{с}$) не повинна перевищувати 61,70 м.

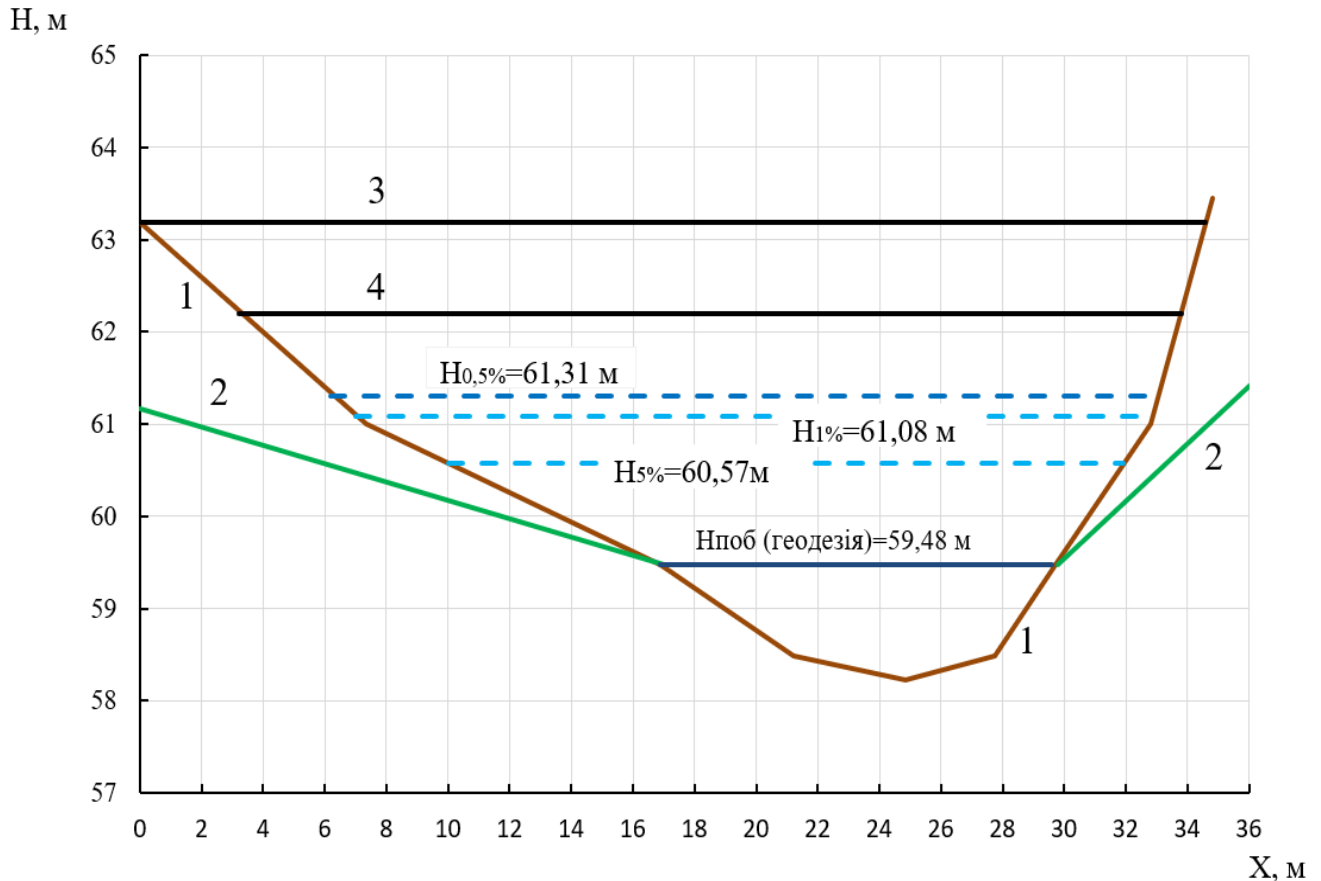


Рисунок 4.2 – Поперечний профіль р. Нітріус в розрахунковому створі мосту (за даними геодезичної зйомки) з відповідними розрахованими рівнями весняної повені :

- 1 – профіль русла та мостових устоїв в розрахунковому створі;
- 2 – заплава зі сторони верхнього б'єфу;
- 3 – міст, проїзна частина (за даними геодезичної зйомки);
- 4 – орієнтовна відмітка низу мостової опори (уточнить за проектом);

Міст на р. Нітріус відноситься до ГТС нижчого класу наслідків СС1. В основі призначення класу – його розміри, категорія дороги, вантажопотік. Відповідно до класу ГТС основні розрахунки, приведені в табл. 4.3, відповідають перевірочному випадку розрахунку на забезпеченість гідрологічних величин 1%.

Таблиця 4.3 – Результати гідравлічних розрахунків пропуску максимальних витрат води (1%-ої забезпеченості) по руслу р. Нітриус в розрахунковому створі мосту

Найменування показників	Кількість	Примітки
1. Відстань від гирла ріки до розрахункового створу, км	2,2	
2. Максимальна розрахункова витрата весняної повені м ³ /с	84	
3. Відмітка низу підмостового отвору, м БС	62,2	Уточнити за результатами промірних робіт
4. Розрахунковий рівень води 1 % забезпеченості, - у нижньому б'єфі, м БС	60,62	За умови непідтоплення
- у верхньому б'єфі, м БС	61,08	
5. Глибина води на вході в підмостовий отвір максимальна, Н м	2,58	
6. Середня швидкість води в підмостовому прольоті, V м/с	2,30	

Робимо висновок за результатами гідравлічного розрахунку русла річки та підмостового прольоту моста:

1) Гідравлічні розрахунки проведені на забезпеченість 1%, як для перевірного (особливого) випадку розрахунку ГТС класу СС1;

2) Максимальні рівні води у верхньому б'єфі мосту при пропуску максимальної витрати повені %-вої забезпеченості ($Q_{1\%}=84$ м³/с) сягнуть відмітки 61,08 м БС. Це є вихідними даними для проектування відмітка низу мостової опори;

3) Ймовірний ступінь підтоплення підмостового прольоту, як водозливу з широким порогом, незначний. Коефіцієнт підтоплення за результатами розрахунку не буде меншим за $\sigma_{п}=0,8$. Ця особливість врахована при розрахунку рівневого режиму в б'єфах.

4) Середні швидкості в підмостовому прольоті будуть в межах 2,2-2,4 м/с. Придонні швидкості, за умови поверхневого сполучення б'єфів, досягнуть величини 2 м/с, що вимагає закріплення дна русла р. Нітріус в підмостовому прольоті бутовим камінням середньовиваженого діаметру не менше 0,12-0,18 м.

5) Розмив підпірних стінок мостового устою малоімовірний за умови обсіпання їх бутовим камінням.

5. РЕКОМЕНДОВАНІ ЗАХОДИ З РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ

5.1 Характеристика руйнувань мосту та проектні заходи

Як зазначено у вступі роботи, у квітні 2022 р. руснею зруйнована прольотна частина мосту (див.рис.В.1), частково зруйновані мостові устої та тверде покриття дороги . На рис.5.1 показані характерні руйнування на фото, а на рис.5.3 – ці руйнування на конструктивній схемі мосту.



Рисунок 5.1 – Характер руйнування мосту: 1 – прольотна частина; 2 – мостові устої; 3 – проїжджа частина дороги біля мосту.

До заходів з реконструкції мосту можливо віднести:

1. Проведення рекогносцировальних робіт на об'єкті.
2. Виконання інженерних вишукувань.
3. Детальний гідрологічний аналіз для оцінки пропускної здатності підмостового прольоту та на його основі прийняття конструктивних рішень по мосту.

4. Визначення ступеня пошкодження мостових устоїв та інших конструкцій та складання переліку робіт з їх ліквідації.

5. Вибір типу мостового перекриття та розробка креслень реконструкції.

6. Визначення об'ємів матеріалів та видів робіт і матеріалів з реконструкції.

7. Створення робочої документації реконструкції мосту.

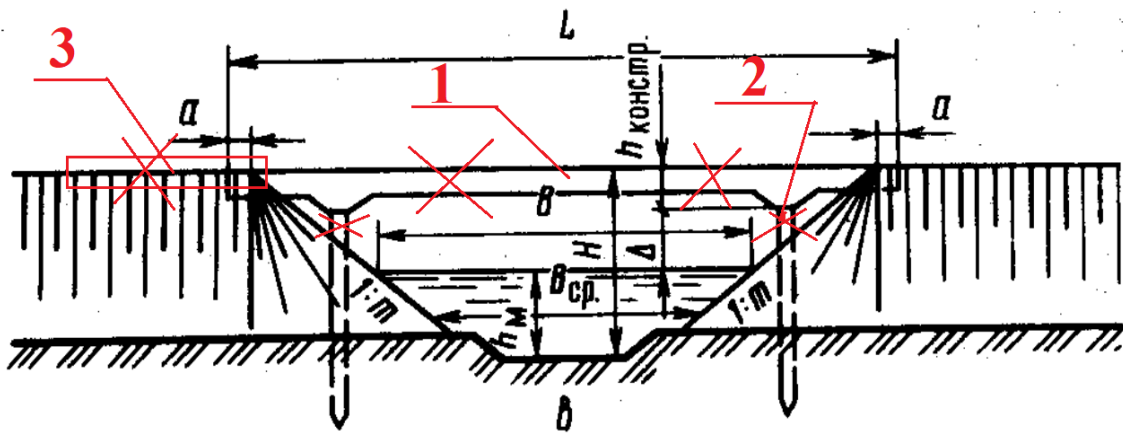


Рисунок 5.2 – Характер руйнування мосту показана на схемі пальових берегових опор з обсипними опорами : 1 – прольотна частина; 2 – мостові устої; 3 – проїжджа частина дороги біля мосту.

Перші два кроки виконані проектною організацією ТОВ «Топогруп» [46], і використані нами в якості вихідних даних до роботи.

Оскільки метою даної роботи є гідрологічне обґрунтування для реконструкції, то саме п. 3 з вище наведеного переліку приділена максимальна увага. Цьому присвячені перші 4 розділи роботи.

Пункти заходів з реконструкції в даному розділі виконані на рівні ТЕО - техніко-економічного обґрунтування на передпроектній стадії).

Тобто наведемо конструктивні особливості рекомендованих для реконструкції мосту з/б виробів елементів 1-3 (рис.5.2), їх кількісні характеристики та оціночна ринкова вартість.

5.2 Конструктивні характеристики елементів мостової конструкції

Конструктивні характеристики плит перекриття П 18-10. Типові залізобетонні вироби П 18-10 для прогонів мостів широко застосовуються на практиці будові мостів, естакад на автомобільних дорогах категорій II, III та IV [6]. Вони успішно функціонують у широкому температурному діапазоні (від +40 до -40 градусів) та протипоказані для встановлення лише у північній будівельно-кліматичній зоні. Подібні вироби витримують сейсмічну активність до 6 балів за шкалою Ріхтера.

При проектуванні слід мати на увазі, що плити розраховані на встановлення на прямолінійних дорожніх ділянках при стандартному поєднанні прольотів: для викривлених місць та при косому сполучення слід вносити в проект виробів деякі конструкційні корективи.

Позначення маркування виробу означає:

1. П – плита пустотна прогонової будови;
2. 18 - довжина в м.;
3. 10 - група за несучою здатністю.

На рис. 5.3 зображена плита П 18-10 в проекціях

Додаткові розміри плити:

Довжина = 18 000 мм;

Ширина = 940 мм;

Висота = 600 мм;

Вага = 16300 кг;

Об'єм бетону = 6,49 м³;

Геометричний об'єм = 10,152 м³.

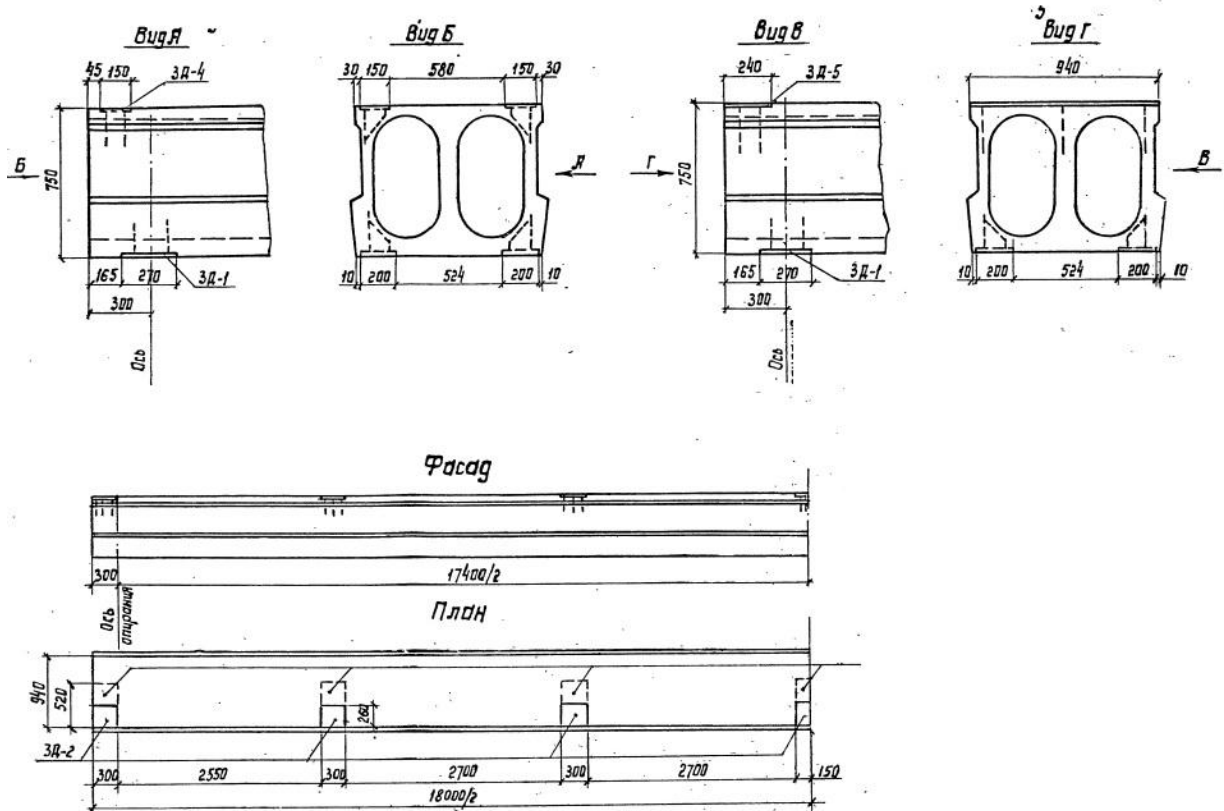


Рисунок 5.3 – Плита мостового перекриття П 18-10 в проекціях [4]

При виготовленні плит П 18-10, відповідно до [6] «виробники зобов'язані дотримуватись вимог та технічних умов, прописаних у типовому проекті Серія 3.503.1-61, а також у зазначених там сполучених стандартах. Залежно від типу автомобільної дороги та кліматичних умов, в яких плити будуть встановлені, змінюватись може і марка матеріалів, що застосовуються. Так, для доріг категорії II застосовується гідротехнічний бетон марки М400 за міцністю на стиск, а для категорій III та IV – марки М350. Виготовлення плит проходить потоково-агрегатним методом у спеціальних переносних силових формах. Пустотоутворювачами в таких формах є жорсткі металеві пуансони, які згодом витягуються з бетону на всю довжину виробу. Суть процесу досить проста. Спочатку, в опалубні форми у проектному положенні монтують сталевий каркас виконаний із прутків класів А-I, А-II та А-III. Потім туди подають бетонну суміш, і сирець вирушає на потужні вібраційні столи, де відбувається формування. Вплив

вібрації дозволяє суттєво прискорити процес усадки та зробити консистенцію цементу більш однорідною. Після цього, в спеціальних пропарювальних камерах заготовки піддаються примусової сушці під впливом високих температур і через 12 годин охолодження їх вилучають з форм».

Особливу увагу до безпеки праці приділяють при транспортуванні. Так відповідно до стандарту [6] треба дотримуватись наступних вимог «...Пустотні мостові плити П 18-10 - це хоч і полегшені, але великі матеріали. Для їх перевезення та зберігання потрібне спеціальне обладнання та схвалений вищими інстанціями транспорт. При складуванні завжди використовуються спеціальні інвентарні підкладки та прокладки, які розміщують між плитами на однаковій відстані від стропувальних петель. Висота штабелів не повинна перевищувати 2,5 метра, а між рядами завжди необхідно залишати достатньо відстані для вільного проходження підйомної техніки. Також не можна забувати про забезпечення доступності маркувальних позначень для огляду. При перевезенні головною вимогою є максимально надійна фіксація елементів у кузові: тільки жорсткі кріплення зможуть гарантувати збереження будматеріалів від зсувів та ударів на час неминучої тряски».

Влаштування мостової плити П 18-10 на мостовій конструкції показане на рис.5.4.

Устої мостової конструкції. Тіло обсіпних устоїв захищене конусом насипу від водотоку для захисту від льодових явищ, в першу чергу. Ця обставина дозволяє застосовувати для них ширше, ніж для проміжних опор, збірні типові полегшені конструкції: пальові, стійкові, рамні, стовпчасті. Але такі підвалини мають меншу жорсткість, ніж масивні, внаслідок чого вони мають обмеження за допустимими висотами насипів, а також за довжинами пролітних будівель, які можуть бути встановлені. Якщо найбільша довжина пролітної будови, яка може бути встановлена на збірний устій полегшеного типу, виявиться меншою, ніж довжина, визначена з згаданої вище

теоретичної умови про найменшу вартість мосту, то схема мосту загалом може виявитися не економічною.

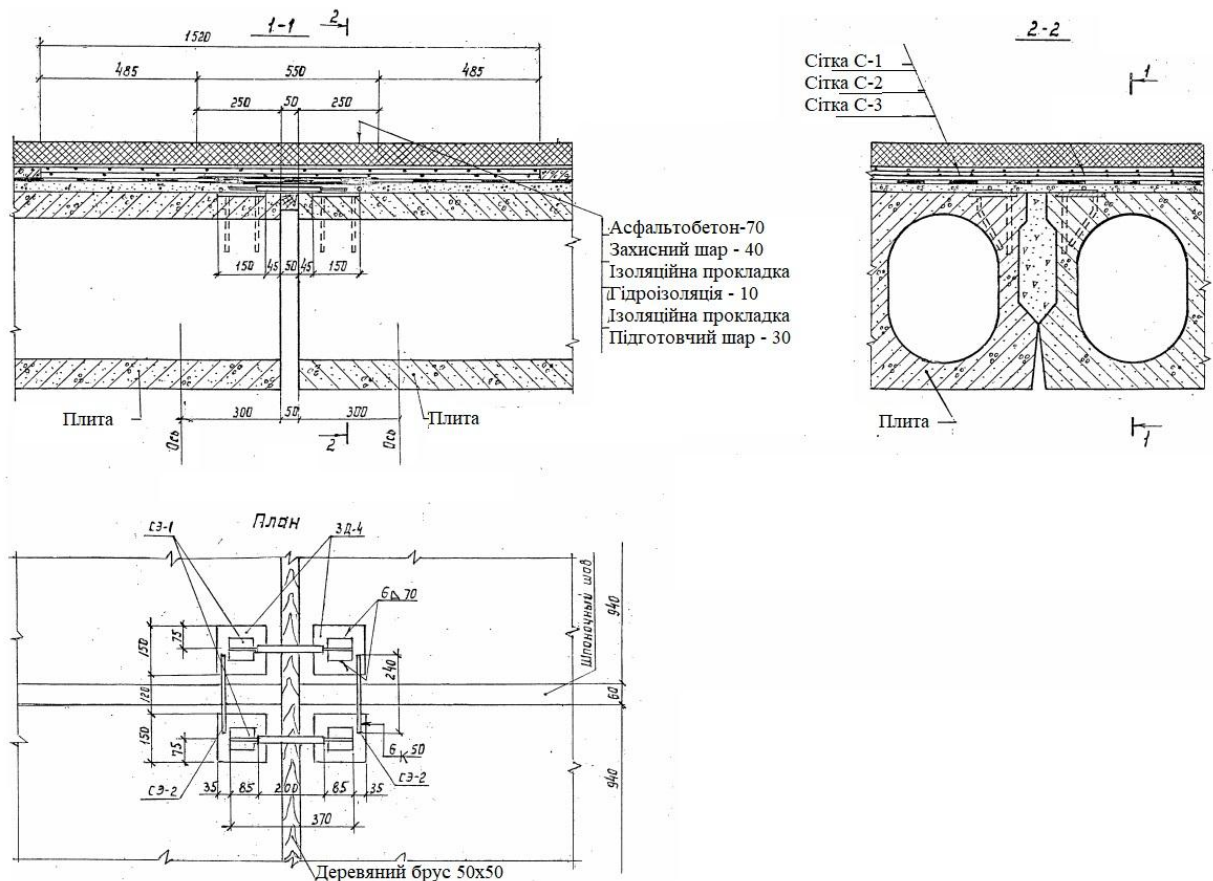


Рисунок 5.4 – Влаштування мостової плити П 18-10 на мостовій конструкції [4]

В такому випадку доцільно розглянути варіант схеми моста з пролітними будовами різної довжини: із середніми, визначеними за умови виконання згаданого вище співвідношення вартості опори та прилеглого до нього пролітної будови, та крайніми – з умови застосування конструкції устою полегшеного типу.

При неможливості застосувати підвалини полегшеного типу слід застосовувати масивні підвалини. Різновиди засад мостових споруд показано на рисунку 5.5.

В нашому випадку наявний устій типу в (рис.5.5). Його фундаментна частина уціліла, тому відновленню підлягають тільки опорні частини, а саме позиції 1, 2 та 13 на рис. 5.5. в.

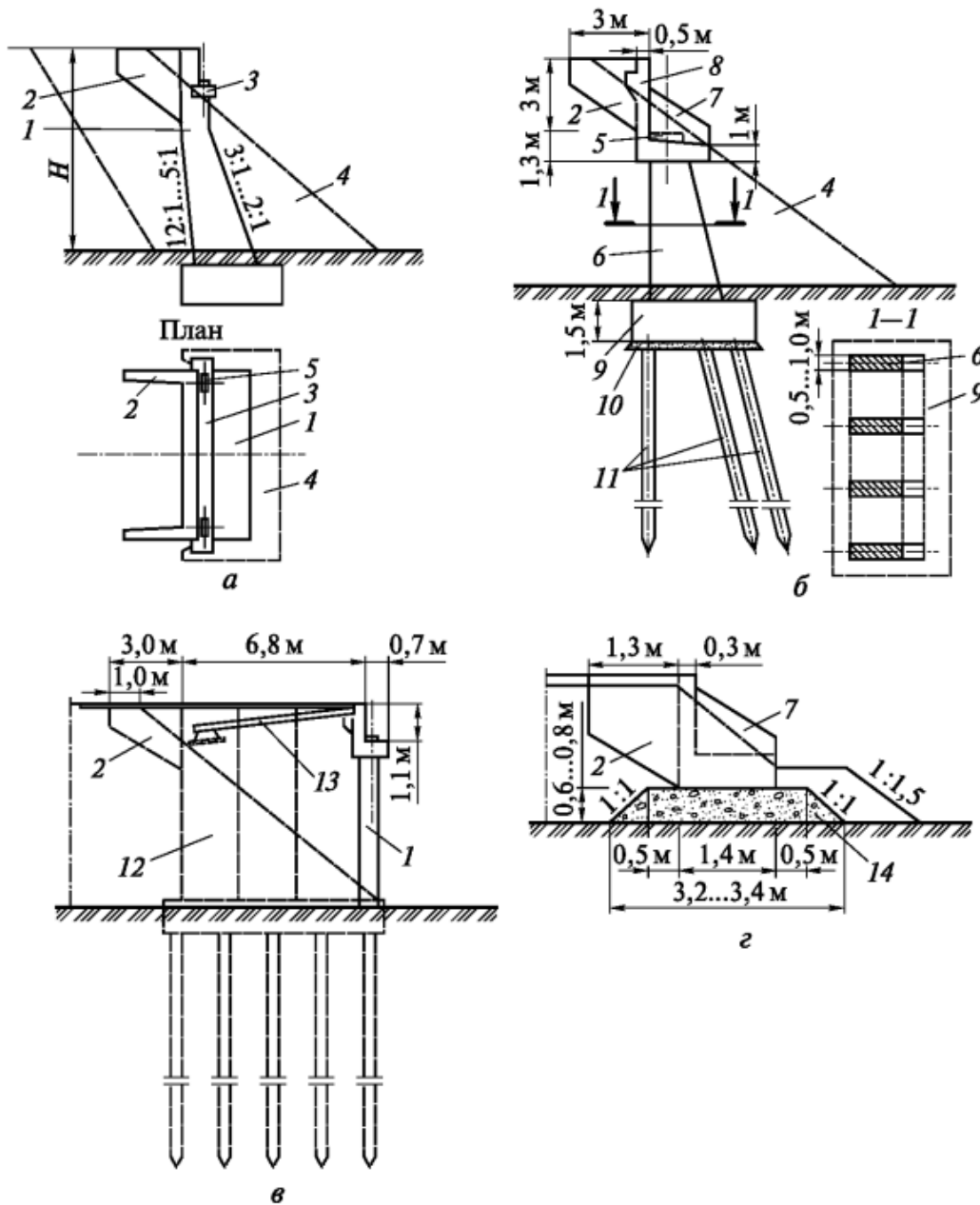


Рисунок 5.5 - Різновиди устій мостових споруд :

а-обсипний масивний; б-обсипний стовпчастий; в-необсипний тонкостінний; г-лежневий; 1-підпірна стіна (опора) мосту; 2-відкриток; 3-підферменний майданчик; 4-конус насипу; 5-підферменник; 6-стовп прямокутного перерізу; 7-діафрагма; 8-стінка шафової частини; 9-ростверк фундаменту; 10-щебенева підготовка; 11-палі фундаменту; 12-зворотна стінка із збірних плит; 13-перехідна плита; 14-щебенева подушка

Конструкція опори мосту, яку рекомендовано застосувати для ремонту мосту на р.Нітріус, показана на рис.5.6.

Типова конструкція опори мосту на р. Нітріус.

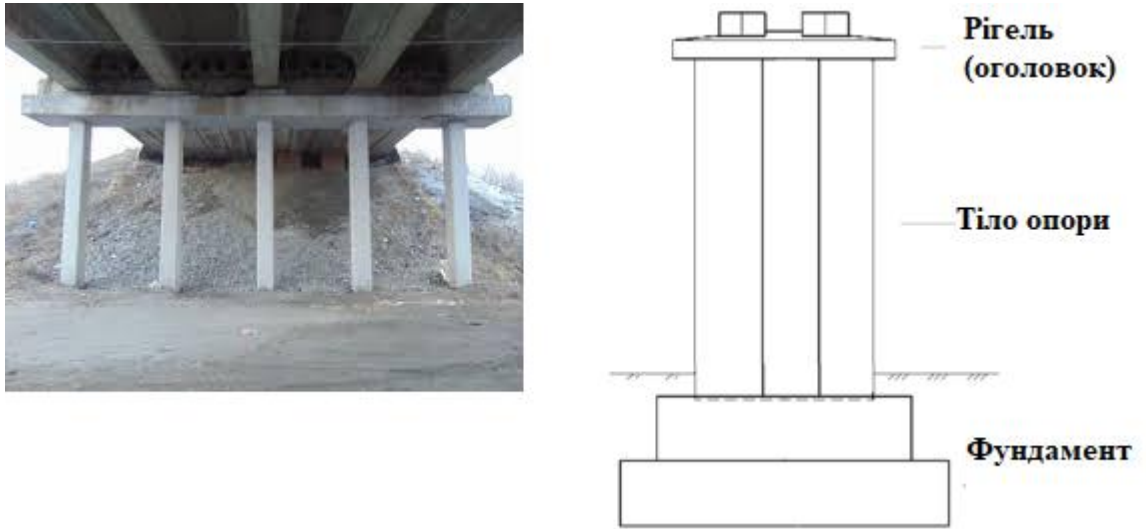


Рисунок 5.6 - Типова конструкція опори мосту на р. Нітріус [45]

Рігель або оголовок опори – сприймає тиск від прогонової будови та передає навантаження від опорних частин вниз на тіло та фундамент.

Тіло опори – середня частина, що виготовляється з бетону чи залізобетону. Має кілька конструктивних різновидів, що визначають тип опори загалом.

Фундамент опори - частина опори, яка знаходиться під землею або водою. Тип фундаменту вибирається відповідно до геологічними дослідженнями, після дослідження ґрунтів місцевості майбутнього будівництва. Для деяких різновидів тіло опори може одночасно бути її фундаментом

5.3 Визначення об'ємів матеріалів та робіт для відновлення мосту

Виходячи з типової конструкції мосту на р. Нітріус та характеру руйнувань визначений перелік необхідних матеріалів.

До його складу входять: плити перекриття мостові, мостові устої або опори, плити перехідні, компоненти автодорожного покриття для мостового прольоту та для дорожнього полотна біля мосту. Також повний комплекс робіт з ліквідації пошкоджених конструкцій мосту.

Виходячи з розмірів мосту (див. результати вишукувальних робіт, рис.2.4) та класу дороги на мосту (клас IV. - відповідає категорії дороги та її господарського призначення – місцева дорога) необхідні об'єми матеріалів зведені в табл. 5.1.

Вартісні показники залізобетонних виробів запозичені з інтернет ресурсів від їх виробників [4, 6, 45]. Вартість будівельно-монтажних робіт визначена за укрупненими нормами проектування [40].

Таблиця 5.1 - Об'єми матеріалів

Найменування матеріалу	Маркіровка	Кількість, шт	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, тис. грн	Вартість монтажу, тис. грн	Загальна оціночна вартість	Джерело інформації
Мостова плита перекриття	П 18-10	9	176520	1588,68	397,17	1986	https://prom.ua/ua/p1036738846-plity-mostovye-18100.html
Підпірна стінка мостового необсипного тонкостінного устою	ІСА-30	8	13360	106,88	48,096	155	https://ukfreewell.com.ua/gbi.html/podpornye-steny-s-pyatami.html/isa-30-podpornaya-stenka-detail.html
Перехідна плита мостового устою		2	25000	50	22,5	72,5	

Найменування матеріалу	Маркіровка	Кількість, шт	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, тис. грн	Вартість монтажу, тис. грн	Загальна оціночна вартість	Джерело інформації
Відкривки мостового устою	СТ-1	2	12020	24,04	4,808	28,8	https://ukfreewell.com.ua/gbi.html/podpornye-steny-s-pyatami.html/isa-30-podpornaya-stenka-detail.html
Дорожнє полотно мосту (комплексне покриття), м.п.		35	10000	350	245	595	https://interfax.com.ua/news/economic/707500.html
Дорожнє полотно автомобільної дороги (комплексне покриття), м.п.		75	8000	600	420	1020	
Ліквідація наслідків руйнування мосу						520	
Всього						4377	
Загальна вартість з накладними витратами						7179	

Таким чином, на основі визначення основних видів матеріалів та робіт з відновлення мосту на р. Нітріус на дорозі місцевого значення С051024 Ярове-Дробишеве, для стадії техніко-економічного обґрунтування об'єкту реконструкції орієнтовно визначена кошторисна вартість, що складає 7,2 млн. грн.

ВИСНОВКИ

1. В найближчому майбутньому відновлення інфраструктури країни буде однією з пріоритетних задач. Тому актуальність теми дипломної роботи – Гідрологічне обґрунтування для відновлення мостів – безсумнівна та буде затребована.

2. На основі вивчення довідникових даних, описані природно-кліматичні умови території дослідження.

3. Надана характеристика руйнувань на мосту дороги С051024, що ґрунтується на даних інженерних вишукувань ТОВ «Топогруп».

4. Широко представлені гідрологічне обґрунтування пропуску максимальних витрат в підмостовому прольоті, а саме: надана гідрологічна, гідрографічна характеристика р. Нітріус. Ступінь зарегульованості річки до розрахункового створу ствановлена за інвентаризаційними відомостями регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області та за допомогою он-лайн картографічних сервісів.

5. Встановлені гідрологічні характеристики максимального стоку : витрати та об'єми повені та дощового паводку. Зокрема максимальна витрата весняної повені 1%-вої забезпеченості склала $84 \text{ м}^3/\text{с}$.

6. Гідравлічними розрахунками визначений рівневий режим в підмостовому прольоту при пропуску максимальних витрат. Зокрема: максимальний рівень води на р. Нітріус в розрахунковому створі мосту автомобільної дороги С051024, км 0+490, при проходженні максимального стоку весняної повені **1 %** забезпеченості становить **61,08 м** Балтійської системи висот;

При проходженні максимального стоку дощового паводку 1 % забезпеченості рівні будуть нижчі - близько 60,7 м Балтійської системи висот.

Розрахункові максимальні рівні води весняної повені різної забезпеченості наступні (верхній б'єфу):

$$PBB_{0,5\%}=61,31 \text{ м БС};$$

$$PBB_{1\%}=61,08 \text{ м БС};$$

$$PBB_{5\%}=60,57 \text{ м БС};$$

$$PBB_{10\%}=60,25 \text{ м БС};$$

$$PBB_{25\%}=59,71 \text{ м БС}.$$

В разі виникнення підпору зі сторони нижнього б'єфу (зажори в гирловій частині р. Нітріус чи льодові явища на р. Сіверський Донець), гранична (максимально допустима) відмітка води в НБ за розрахунковим створом при пропуску 0,5%-ої витрати ($Q = 100 \text{ м}^3/\text{с}$) не повинна перевищувати 61,70 м. Цю величину необхідно врахувати в проекті конструкції мосту.

7. Максимальна середня швидкість руху течії під мостом при проходженні максимальної витрати весняної повені 1 % забезпеченості становить $V_{1\%} = 2,30 \text{ м/с}$, придонна буде становити 75-80% середньої – 1,8-2,0 м/с, що вимагає відповідного штучного кріплення русла під мостом – бутовим каменем діаметром 0,2-0,4 м, на щебеневій підготовці, з підстилкою геотекстилем. Межі укріплення визначені рівнем 1 % забезпеченості.

8. Визначені кількісні характеристики необхідних матеріалів та конструкцій для відновлення мосту.

9. За укрупненими нормами та вартістю залізобетонних конструкцій від виробника встановлена вартість для стадії технікоекономічного обґрунтування об'єкту будівництва, яка склала 7,2 млн.грн.

10. Картографічний матеріал підготовлений в ГІС *QGIS*. Рекогносцирувальні дослідження проведені з залученням сервісів *Google Earth Pro* та *EOS* (продукт *Land Viewer*).

Мету роботи досягнуто.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Google Earth Pro. Google Планета Земля.
2. QGIS. ГІС з відкритим кодом. URL: <https://www.qgis.org/>
3. USGS. Пошукова система Землі / глобальна база геоданих супутникових знімків та ДЗЗ. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> -
4. Автодорожные железобетонные температурно-неразрезные пролетные строения из пустотных плит длиной 12, 15 и 18 м. Серия 3.503.1-61. Вып.2. Конструкции и детали URL: <http://kras.tdajbi.ru/download/series/2748.pdf>
5. Альбом карт к СНиП 2.06.03-14-1983./ Днепропетровский гос. аграрный ун-т. Днепропетровск : ДГАУ, 1997. 38 с.
6. Асортимент ЗБВ URL: <http://kras.tdajbi.ru/category-106500/category-83817/product-83877.html>
7. Атлас “Климат и водные ресурсы Украины” / Липинский В.Н., Осадчий В.И., Шестопапов В.М. та інш. URL: https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf
8. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н.К. Крупского и Н.И. Полупана. Київ : Урожай, 1979. 159 с.
9. Атлас природних умов і природних ресурсів Української РСР. Гідрометеовидат, 1978. 183 с.
10. В Україні зруйновані 345 мостів: скільки вже вдалося полагодити та які ремонтують в першу чергу. URL: <https://tsn.ua/ato/v-ukrayini-zruynovani-345-mostiv-skilki-vzhe-vdalosya-polagoditi-ta-yaki-remontuyut-v-pershu-cherghu-2292889.html>.
11. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ.: Віпол, 2000. 376 с.
12. Вишневецький П.Ф. Зливи та зливовий стік. Київ, Наукова думка, 1964, 291 с.

13. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / за ред. М.І. Ромащенко, URL: http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf
14. Водний кодекс України / Верхована Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 16.05.2023).
15. Географічна енциклопедія України. В 3 т. / під. ред. О.М.Маринич. – Київ.: Укр. енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.
16. Гидротехнические сооружения : учебник для вузов / Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др.; Агропромиздат, 1985. 432 с. URL: <http://science.totalarch.com/book/0124.rar> (звернення 25.09.2018).
17. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / под ред. В.П. Недриги. Стройиздат, 1983. 543 с.
18. Гідротехнічні споруди : підручник / за ред. А.Ф. Дмитрієва. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 326 с.
19. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області: моногр. Дніпро : Вид-во ДНУ, 2006. 204 с.
20. Гордійчук А.С., Стахів О.А. Економіка водного господарства : навч. посібник. Рівне: РДТУ, 2000. 160.
21. ДБН А 2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ : Держбуд України, 2004. 24 с. (введені в дію з 01.04.2004 р.).
22. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення . Київ: Мінрегіон України, 2012. – 94 с.
23. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівель та споруд. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. / :- К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

24. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. – 75 с.
25. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги . Ч.1. Проектування. Ч.2. Будівництво. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. 91 с.
26. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки / Гідротехнічні споруди. Основні положення. К. : Мінбуд України, 2006. 39 с. URL: https://dnaop.com/html/29894/doc-ДБН_В.2.4-3_2010 (звернення 25.09.2018).
27. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 102 с.
28. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Том II. Українська РСР.
29. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина III. Вітер. Гідрометеоіздат, 1967. 699 с.
30. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина V. Хмарність і атмосферні явища. Гідрометеоіздат, 1969. 644 с.
31. ДСТУ 3008–2015. Державний стандарт України. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 2015. 37с.
32. Закон України Про пожежну безпеку від 17.12.1993 № 3745-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text>. (звернення 15.05.2023).
33. Звіти Дніпропетровського облводгоспу з інвентаризації водних об'єктів та земель водного фонду за 2007 р. Дніпропетровськ : Дніпрооблводгосп, 2008 р.
34. Карта ґрунтів України. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/yanvar-2014-god/kartoteka-agrariya-karta-g-runtiv-ukrayini/>
35. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений : уч.пос. Киев: Высшая школа, 1987. 253 с.

36. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Липінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
37. Конкретт Груп URL: <https://ukfreewell.com.ua/gbi.html/podpornye-steny-s-ryatami.html/isa-30-podpornaya-stenka-detail.html>
38. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям : учебник / под. ред. В.С. Лапшенкова. Агропромиздат, 1989. 448 с.
39. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
40. Меліорація та водне господарство. Т.1. Економіка : довідник / під. Ред. В.Ф.Моховикова. URL: <http://www.cawater-info.net/books/spravochnik-ekonomika/pages/1.htm>
41. Методические рекомендации по оформлению текстовой части курсовых работ и дипломных проектов. – Днепропетровск: ДДАУ, 2007. 32 с.
42. Методичні рекомендації до написання економічної частини дипломних проектів студентами денної та заочної форм навчання за спеціальністю 7(8).06010301 – «Гідромеліорація» ОКР – спеціаліст, магістр / Т.М. Самілик . Дніпропетровський державний аграрний університет. Дніпропетровськ, 2013. 80 с.
43. Паламарчук М.М., Н.Б.Закорчевна. Водний фонд України: довідниковий посібник. Київ: Шка-Центр, 2001. 329 с.
44. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока// Под. ред. Е.Е. Овчарова. Агропромиздат, 1988. – 224 с.
45. Опора моста в мостовій конструкції. URL: <https://tspmsk.ru/opora-mosta/>
46. Результати інженерно-гідрологічні вишукування на об'єкті «Міст на км 0+490 автомобільної дороги загального користування місцевого значення С051024 Ярова – Дробишеве)». Дніпро, ТОВ «ТОПОГРУП», 2022. 39 с.

47. Ресурси поверхневих вод. Т.6 : Україна и Молдавия : Вип. 3 : басейн Северского Донца и реки Приазовья / под ред. М.С. Каганера. Гідрометеовидат, 1967. 492 с.
48. Рогалевич Ю.П. Гідравліка : підручник. Київ : Вища школа, 2010. 431 с.
49. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
50. Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. Київ : Вища школа, 1984. 344 с.
51. Справочник по климату СССР. Вып. 10. Ч.IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Гидрометеиздат, 1969. 696 с.
52. Справочник по климату СССР. Вып.10. Ч.II. Температура воздуха и почвы. Гидрометеиздат, 1967. 608 с.
53. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. А.М.Маринича. Киев: Издат. Киевского ун-та, 1968. 684 с.
54. Цифрова модель рельєфу SRTM USGS [Роздільна здатність : 30 м]. **URL:** <https://earthexplorer.usgs.gov/>