

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри водогосподарської  
інженерії, доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ТКАЧУК  
« \_\_\_\_ » грудня 2023 р.

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
другий (магістерський) рівень вищої освіти

на тему «Гідрологічне обґрунтування для  
реконструкції мосту через р. Наумиха біля  
м.Костянтинівка Донецької області»

Виконав: здобувач вищої освіти, групи  
МГБЦІ-1-22  
Спеціальність – 192 "Будівництво та  
цивільна інженерія"  
Освітня програма „ Гідромеліорація”

Дмитро ШТОНДА

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Коваленко В.В.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент :

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії  
другий (магістерський) рівень вищої освіти  
Спеціальність – 192 " Будівництво та цивільна інженерія"  
Освітня програма „ Гідромеліорація”

ЗАТВЕРДЖУЮ :  
Зав. кафедрою водогосподарської інженерії  
доц. \_\_\_\_\_ Андрій ТКАЧУК  
\_ листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачу вищої освіти  
Штонді Дмитру Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Гідрологічне обґрунтування для  
реконструкції мосту через р. Наумиха біля  
м.Костянтинівка Донецької області

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

затверджена наказом по агроуніверситету від «10» жовтня 2023 р. № 3058

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

Матеріали інженерних вишукувань щодо сучасного стану гідротехнічних споруд на річці Наумиха . 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. Опис природно-кліматичних умов території проектування; 2. Гідрологічна вивченість території 3. Гідрологічні та водогосподарські розрахунки . 4. Розрахунок пропуску максимальних витрат через прольот мосту на р. Наумиха 5. Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього. 6. Охорона праці при експлуатації гідротехнічних споруд та безпека в надзвичайних ситуаціях..  
Висновки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в середовищі Power Point: постановча частина дипломної роботи; природно кліматичні умови, результати досліджень, креслення, висновки. 2. Результати дослідження в ГІС QGIS – презентація основного картографічного матеріалу

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «15» вересня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. 1. <u>Опис природно-кліматичних умов території проектування;</u>	09.2023 р.	
2	Гідрологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки	10.2023 р.	
3	Розрахунок пропуску максимальних витрат через прольот мосту на р. Наумиха	11.2023 р.	
4	<u>Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього.</u>	11.2023 р.	
5	Охорона праці при експлуатації гідротехнічних споруд та безпека в надзвичайних ситуаціях	05.12.2023 р.	
6	Висновки. Креслення. Презентація в PowerPoint та QGIS	10.12.2023 р.	
7	Поточний контроль виконання ДП за планом	05.12.2023р.	
8	Передзахист ДП на кафедрі	15.12.2023 р.	
9	Представлення ДП на рецензію	18.12.2023 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ /Коваленко В.В./

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 75 сторінок, 11 таблиць, 30 рисунків. Список літератури складає 44 джерела інформації.

Об'єкт дослідження – режим формування максимальних витрат та об'ємів стоку на водозборі річки Наумиха

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту мосту на дорозі Т0516 та забезпечення відповідності конструктивних розмірів мосту вимогам пропуску максимальних витрат.

Метою роботи є встановлення параметрів максимального стоку річки Наумиха, визначення пропускної спроможності підмостових прольотів та уточнення мінімальних розмірів мостів.

В якості вихідних даних використали картографічні сервіси Google Earth, SAS Planet, ESRI World Imagery, довідникові матеріали минулих років з гідрологічної вивченості об'єкту дослідження.

Картографічне проектування виконано в ГІС з відкритим кодом QGIS.

Результати роботи можуть бути використані як методика інженерно-гідрологічного обґрунтування для проектів реконструкції гідротехнічних споруд на водних , в тому числі на деокупованих територіях країни.

Ключові слова: реконструкція мосту, гідрологічне обґрунтування, максимальний стік.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	9
1.1 Коротка кліматична характеристика для території басейну р. Наумиха .....	9
1.2 Рельєф та морфологічні особливості водозбору річки Наумиха .....	11
1.3 Геологічні та гідрогеологічні умови району досліджень .....	13
1.4 Ґрунти на водозборі р. Наумиха .....	15
2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ р. НАУМИХА.....	16
2.1 Гідрологічна характеристика р. Наумиха .....	17
2.2 Гідрографічна мережа та основні морфометричні характеристики водозбору .....	18
2.3 Зарегульованість стоку в басейні р. Наумиха .....	25
2.4. Льодові явища .....	26
3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ.....	28
3.1 Розрахунок річного стоку та його внутрішньорічний розподіл.....	28
3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняного водопілля.....	32
3.3 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку дощового паводку .....	35
3.4 Трансформація максимального стоку ставками та водосховищами ...	38
4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТУ ...	40

4.1 Гідравлічний розрахунок русла р. Наумиха в нижньому б'єфі .....	41
4.2 Гідравлічний розрахунок пропускної здатності підмостового прольоту .....	43
4.3 Рівневий режим в розрахунковому створі мосту при пропуску надзвичайних витрат.....	46
<b>5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ НАУМИХА.....</b>	
5.1 Оцінка руйнувань мосту та проектні заходи з реконструкції .....	52
5.2 Елементи мостової конструкції, що реконструюються .....	55
5.3 Розрахунок кількості матеріалів та видів робіт для реконструкції мосту. Визначення їх вартості .....	58
5.4 Правила безпеки праці при монтажу мостів .....	60
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>65</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>67</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>71</b>

## ВСТУП

В умовах військового стану в країні вже тривають роботи по відновленню зруйнованих мостів. В різних інформаційних ресурсах наводять цифри, що за час повномасштабної війни в Україні зруйновано вже понад 350 мостів. Більшість з них невеликі – через малі річки. Не виключенням є і об'єкт дослідження в роботі – міст через річку Наумиха на околиці м. Костянтинівка Донецької області. Тому вважаю, що тема обґрунтування гідрологічних характеристик для реконструкції мостів є актуальною.

Для обґрунтування конструктивних характеристик мосту складовою частиною робочих проектів є проведення інженерно-гідрометеорологічних вишукувань з метою встановлення параметрів максимального стоку річки, визначення пропускної спроможності підмостових прольотів та уточнення мінімальних розмірів мостів.

Саме це і поставлене за мета даної роботи: виконати гідрологічне обґрунтування параметрів максимального стоку та гідравлічне обґрунтування мінімальних розмірів прольотної частини мосту для реконструкції мосту автомобільної дороги Т0516 Костянтинівка-Іванопілля на р. Наумиха.

Об'єкт дослідження в роботі – режим формування максимальних витрат та об'ємів стоку на водозборі річки Наумиха.

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту мосту на дорозі Т0516 та забезпечення відповідності конструктивних розмірів мосту вимогам пропуску максимальних витрат.

В якості вихідних даних використані картографічні сервіси Google Earth [1], ESRI World Imagery, USGS [44], довідникові дані по гідрологічній вивченості території дослідження [39].

На об'єкті дослідження ТОВ «ТОПОГРУП» [38] в 2022 році виконали інженерно-геодезичні вишукування, які також послужили вихідними даними до роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

Виконати обробку та аналіз довідникової інформації про гідрологічну вивченість та -кліматичну характеристику території водозбору річки Наумиха;

Виконати гідрологічні та водогосподарські розрахунки максимального стоку з водозбору р. Наумиха;

Провести гідравлічні розрахунки русла річки на випадок високих вод та обґрунтувати пропускну здатність мостового прольоту ;

Запропонувати інженерні рішення по відновленню мосту та інш.

При виконання роботи використані: вище названі картографічні сервіси, програмне забезпечення Microsoft Word, Microsoft Excel, QGIS – ГІС з відкритим кодом, а також розробки керівника роботи по гідрологічним та гідротехнічним розрахункам в Microsoft Excel.

## **1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Річка Наумиха є правою притокою Кривого Торця, що в свою чергу впадає в Сіверський Донець. «Річка протікає в межах Донецько-Донської північно-степової провінції» [13]. Весь водозбір річки розташований в Донецькій області.

### **1.1 Коротка кліматична характеристика для території басейну р. Наумиха**

Кліматичні умови на території дослідження можна характеризувати як помірно-континентальні. Тут, як правило, жарке засушливе літо. Зима доволі холодна, проте з нестійким сніговим покривом. «За останні 10 років практично не спостерігали снігового покриву протягом 30-40 днів чи більше» [28]. «Річні перепади середньомісячних температур сягають 34 °С. Характерною особливістю є часті впливи повітряних мас, які надходять з Азіатського материка, вони зумовлюють пониження температури нижче -35 °С. Влітку, навпаки, ці ж маси спричиняють суховії» [13].

За даними метеостанції Бахмут (за період її існування, наразі місто зруйноване) «середня температура найхолоднішого місяця січня - 4° на, липня - найтеплішого +22,8°. Зміни клімату спричинили зміну температурного режиму, за останні 20 років спостерігаються аномально високі температури зі значеннями +35°С і вище. Для дослідження гідрологічних явищ важливим є тривалість без морозного періоду, який на досліджуваній території складає 160 – 170 днів» [28].

Для порівняння дані кліматичних умов за 2007 рік на території Донецької області видався порівняно теплим. Середня за рік температура

повітря була на  $1,5^{\circ}$  вище норми та дорівнювала по області від  $8$  до  $10,5^{\circ}$  тепла. Найспекотнім виявився серпень, коли середньомісячна температура повітря складала  $21 - 36^{\circ}$  тепла. Найхолодніше було в лютому: середня температура повітря була в межах  $4 - 7^{\circ}$  морозу, а в окремі ночі морози посилювались до  $20 - 23^{\circ}$ . Холодніше звичайного (на  $1 - 2^{\circ}$  було в березні, червні – липні. В решті місяців 2007 року відхилення середньої температури повітря від норми було позитивним. Аномально тепла погода, зумовлена впливом теплих повітряних мас атлантичного походження, спостерігалась в січні, коли середня температура перевищувала норму на  $6^{\circ}$  і складала від  $1^{\circ}$  морозу до  $1^{\circ}$  тепла.

В останні 6 років спостерігаються стабільні аномальні періоди з температурою  $35^{\circ}\text{C}$  і вище.

Останній заморозок весною в повітрі відбувся 4 – 5 квітня, на поверхні ґрунту – 25 квітня. Перший заморозок восени спостерігався 10 жовтня. Безморозний період виявився на 2 – 5 тижнів довшим за середньо багаторічний.

Опади в середньому за рік для Донеччини складають до 556 мм [28]. Більша частина з них – рідкі опади ( $70\% - 80\%$ ), випадають теплу пору року. За даними експедиційних спостережень за сніговим покривом, його висота в середньому незначна - до 10–19 см. Запаси води в них 6-8 см. У сніжні зими спостерігаються в рази більші запаси снігу. Саме вони є першопричиною надзвичайних ситуацій у водному режимі річки Наумиха. Формування дощових паводків високої забезпеченості в останні роки стає звичним явищем. Таким в 2023 році був квітень коли за даними сусідній з досліджуваною територією метеостанції Ізюм, випало більше ніж 100 мм опадів, що складає більше в три рази від норми. Такі великі опади можуть формувати тривалі періоди високих вод і є предметом вивчення при гідрологічному обґрунтуванні режиму річки.



За «геоморфологічним районуванням басейн річки Наумиха відносять до Дніпровсько-Донецької височини» [13]. «Морфологічні риси рельєфу визначаються гідрогеологічними процесами та геологічною будовою зони аерації» [40]. Профіль поперечний перпендикулярно річищам основної річки та приток (рис.1.2) типовий для пересічених території Донецького Кряжу, характерні злами рельєфу при переході від плакорних ділянок до помірно змитих схилів. Величина врізу річкової долини в нижній частині водозбору досягає 60-75 м, що створює умови інтенсивного склонового стоку та формування значних максимальних витрат дощового паводку.

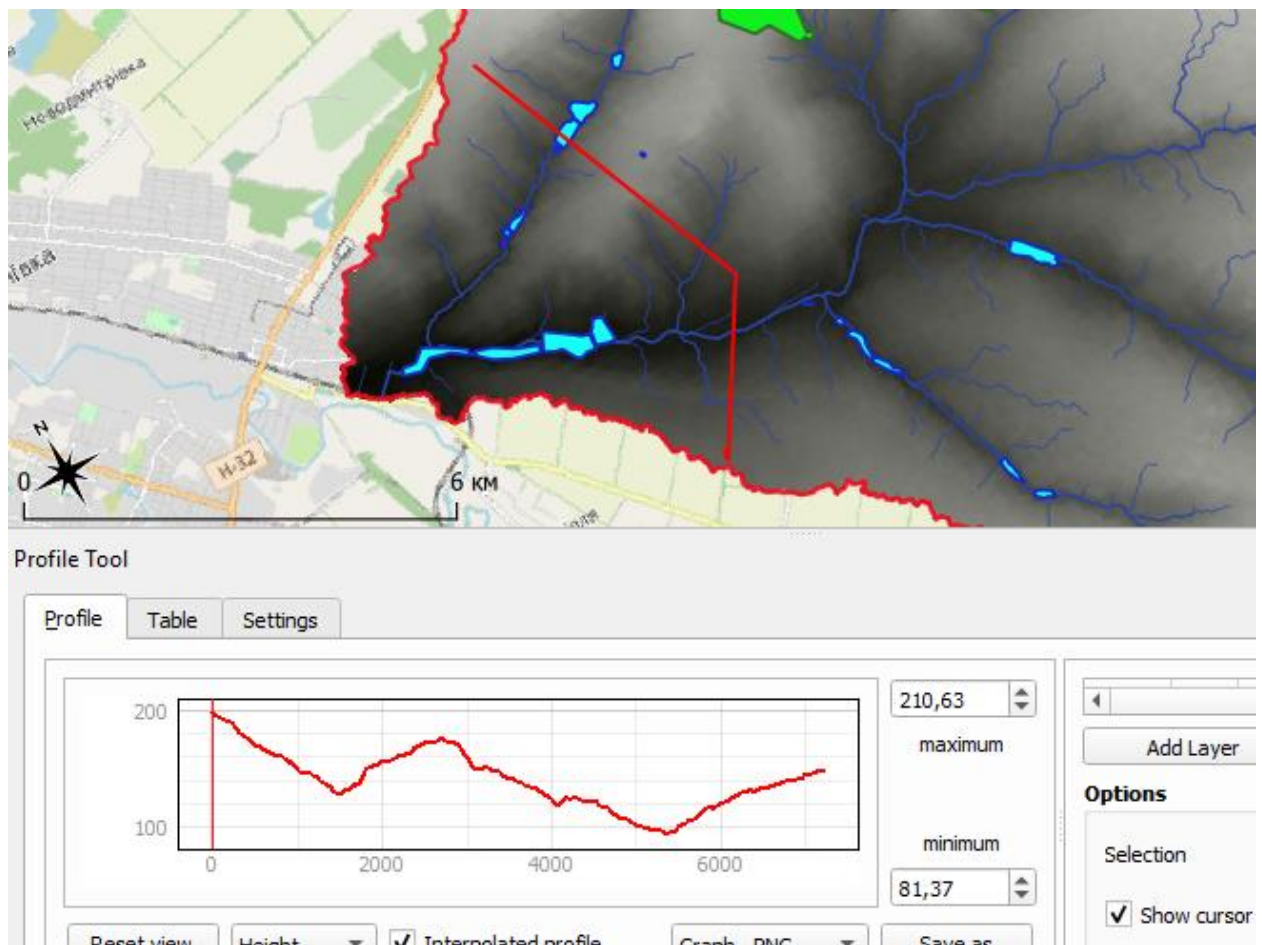


Рисунок 1.2 – Профіль по ширині водозбору р. Наумиха в нижній її частині (QGIS, червона пряма лінія)

Максимальні відмітки складають 265 м БС, мінімальна відмітка в гирловій частині річки - 79 м. Висока розчленованість рельєфу сформувала значну густоту яружно-балочної мережі. Яка становить більше 2 км/км<sup>2</sup>.

Залісеність водозбору незначна, лісів 2,4 км<sup>2</sup>. Заплава частково заболочена в зонах, що примикають до ставків, загальна площа боліт не перевищує 3 км<sup>2</sup>.

Крутизна схилів балок невелика, сягає 15°. Середньовиважений похил для водозбору р. Наумиха, відповідно до моделювання в ГІС, складає 1,65 процента (QGIS, рис.2.6).

### **1.3 Геологічні та гідрогеологічні умови району досліджень**

За гідрогеологічним районуванням басейн р. Наумиха «розташований в Західнодонецькому гідрогеологічному районі» [40], рисунок 1.3.

Геологія «Західнодонецького гідрогеологічного району визначається двома геологічними структурами: Бахмутською та Кальміус-Торецькою котловинами, які представляють собою західну зону замикання складчастого Донбасу. Фундаментом осадочного комплексу є вивержені й метаморфізовані породи архею та протерозою. В межах району кам'яновугільні відклади мають повсюдний розвиток. Відкладення палеогену – піски, глауконітові пісковики, зеленувато-сірі глини. Неогенові відклади представлені горизонтом строкатих глин і кварцових пісків із прошарками суглинків» [40].

У геоморфологічному відношенні територія досліджуваного району «представляє собою лесову рівнину з хвилястою поверхнею на палеозой-кайнозойському фундаменті. Рівнина характеризується густим долинно-балочним розчленуванням радіального типу, з глибиною врізу 70-80 м. Долини річок і балок мають невелику ширину і круті схили та характеризуються виходами на денну поверхню дочетвертичних порід» [40].

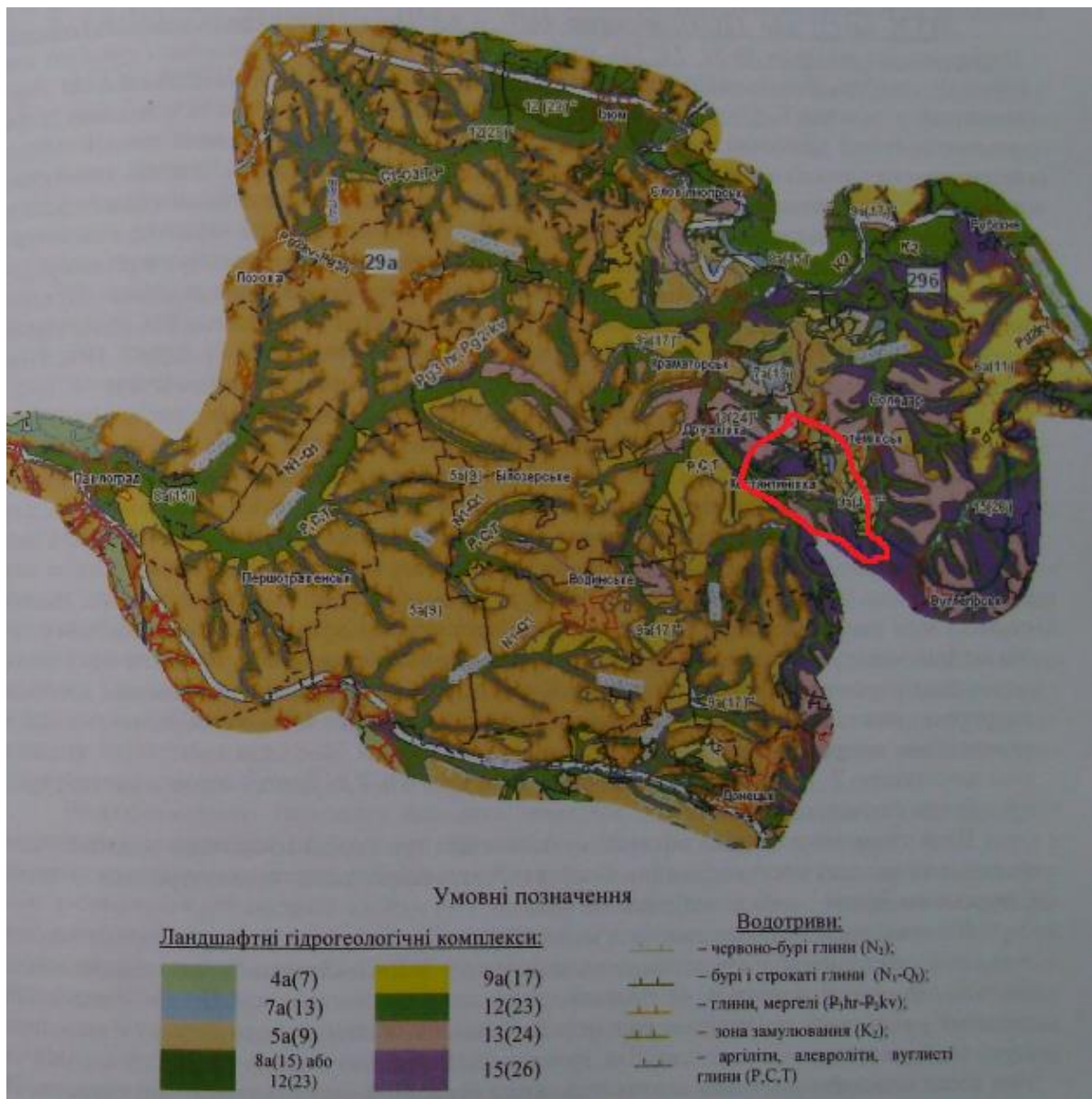


Рисунок 1.3 – Ландшафтні та гідрогеологічні комплекси на водозборі р. Наумиха [40], водозбір річки виділений червоним кольором

Для Донецького Кряжу характерно «основне живлення річок здійснюється за рахунок атмосферних опадів, особливо зимових. Тому близько 80% річного стоку припадає на водопілля. Хімічний склад поверхневих вод значно формується промисловими стоками. При відсутності останніх води річок прісні гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-натрієві. Умови формування підземних вод мають свої особливості. Наявність абсолютного водотриву – кам'яна сіль, створює можливість розвитку підземних вод пермського періоду переважно у зоні інтенсивного

водообміну, нижньою границею якої є пласти невилугуваної солі. Нижче водообмін практично відсутній. Склад підземних вод тут більш значною мірою визначається літологічним складом порід, що розчиняються» [40].

#### 1.4 Ґрунти на водозборі р. Наумиха

Ґрунти в басейні р. Наумиха можна віднести до типових для західних відрогів Донецького Кряжу. Це «переважно чорноземи звичайні, добре та помірно гумусовані. За механічним складом вони важкосуглинкові» (рис.1.4) [26]. Змиті ґрунти займають значну частину на водозборі річки, чому доказ фото Google Earth (рис.1.4) на якому видно ступінь змитості розораних сільгоспугідь. У заплаві русла річки поширені дерново-опідзолені піщані ґрунти в перемішку з пісками.

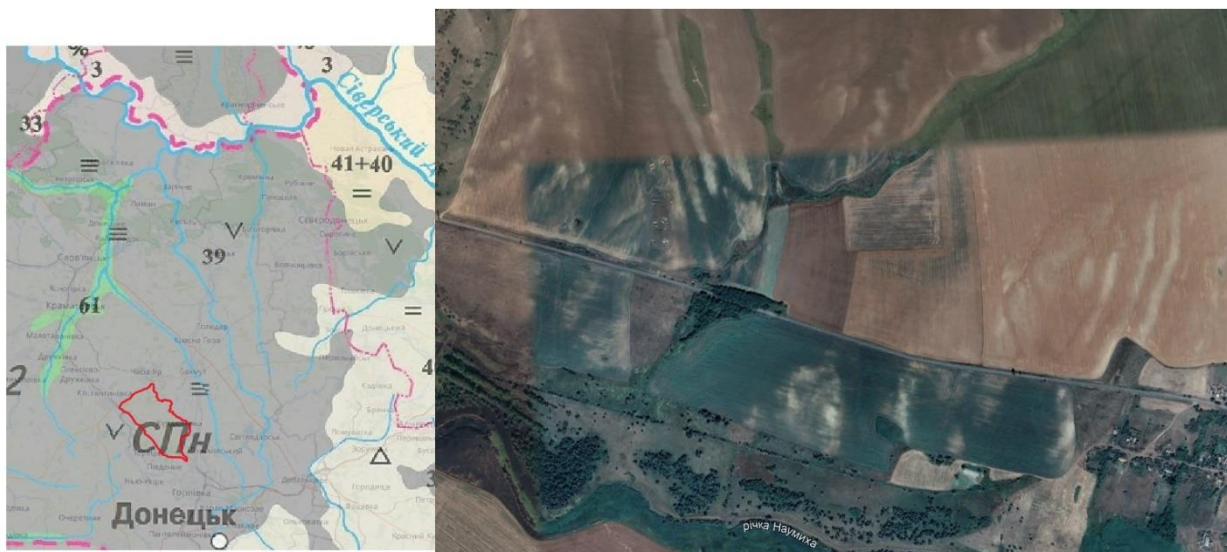


Рисунок 1.4 – Ґрунтова карта району дослідження (червоний контур): 39 – «чорноземи звичайні важкосуглинкові на лесових породах середньогумусоаккумулятивні» [26], фото Google Earth частини схилів заплави річки Наумиха [1].

У гирловій частині річки, в місті впадіння в Кривий Торець, присутні болота. «Тут поширені гідроморфні ґрунти, торф'яники» [39].

## 2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ Р. НАУМИХА

Задача надати розширену гідрологічну характеристику р. Наумиха пов'язана з будівництво транспортної розв'язки на автомобільній дорозі загального користування територіального значення Т-05-16 в південній частині м. Костянтинівка Донецької області на км 2+140 передбачено через р. Наумиху, праву притоку р. Кривий Торець протоку, на відстані 0,32 км від гирла річки. Координати об'єкту будівництва -  $48^{\circ} 30' 05''$  ПнШ і  $37^{\circ} 44' 36''$  СхД (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Оглядова карта розташування об'єкту проектування (Google Earth)

## 2.1 Гідрологічна характеристика р. Наумиха

Річка Наумиха розташована на території Костянтинівського району та Торецької громади Донецької області. Бере початок біля села Озарянівка ( $48^{\circ} 27' 14''$  ПнШ і  $37^{\circ} 56' 59''$  СхД). Річка тече на захід.

«За фізико-географічним районуванням досліджувана територія р. Наумиха відноситься до Степової зони Північно-степової підзони, Донецько-Донської північно-степової провінції» [13].

Водозбір р. Наумиха розташований в басейні річки Сіверський Донець. Гирло річки знаходиться на південно-східній околиці м. Костянтинівка. Відмітка витоку – 214 м БС, гирла - 79 м БС, Довжина річки до розрахункового створу моста 22 км, площа басейну до розрахункового створу - 169,3 км<sup>2</sup> (рис. 2.2). Частина басейну (25,2 км<sup>2</sup>) «відсічена» каналом Сіверський Донець – Донбас, проте безпосередньо в верхів'ї річки канал проходить в дюкері і не заважає стоку річки. Тому в розрахунках максимальних витрат прийнята вся площа водозбору.

Гідрологічна вивченість регіону «недостатня для проведення повного гідрологічного обґрунтування водного режиму річки. Водомірні пости на досліджуваному водозборі відсутні. В якості опорного найближчого водомірного поста прийнятий пост на р. Кривий Торець в селі Олексієво-Дружківка, розташований нижче від гирла р. Наумиха, спостереження на якому проводили до 1962 р. протягом 20 років» [39].

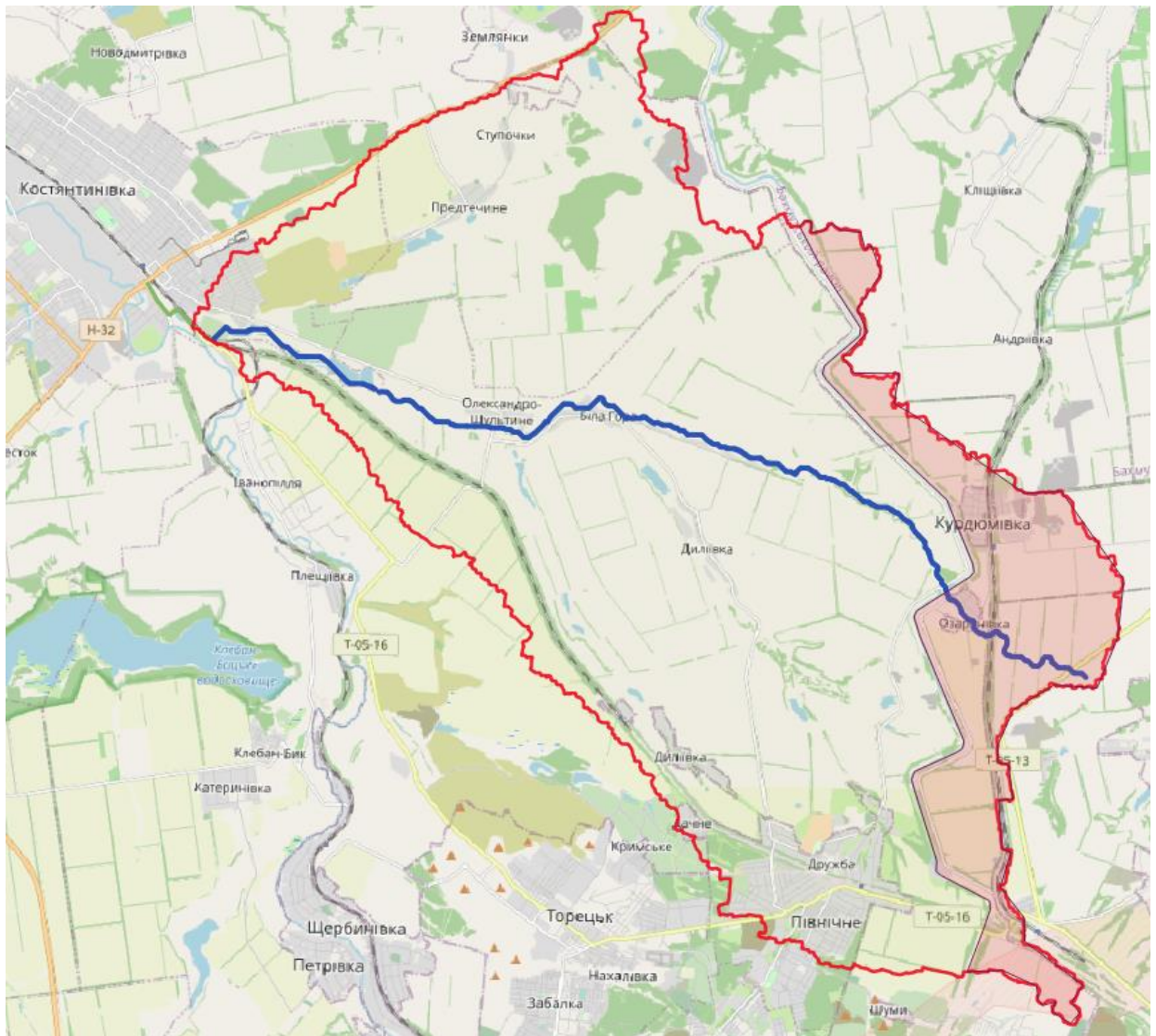


Рисунок 2.2 – Басейн р. Наумиха до розрахункового створу та площа водозбору «відсічена» каналом Сіверський Донець – Донбас (QGIS)

## 2.2 Гідрографічна мережа та основні морфометричні характеристики водозбору

Гідрографічна мережа – «це сукупність усіх рік та інших постійних та тимчасових водотоків, а також озер, водосховищ, боліт та інших водойм на досліджуваній території» [30]. Густоту гідрографічної мережі річки «визначають як відношення суми довжин річкових потоків даної системи в кілометрах до площі її басейну, вираженої в квадратних кілометрах» [30].

Будова гідрографічної мережі це «...результат впливу фізико-географічних чинників – клімату, рельєфу, геологічної будови місцевості. В процесі ерозії відбувається приєднання до водозбору річки нових площ, котрі раніше не мали стоку в річкову систему, ліквідація безстічних ділянок. Зменшення водного стоку, навпаки, веде до відокремлення окремих частин гідрографічної мережі» [30].

Водозбірний басейн представляє собою частина суші з якої відбувається поверхневий та підземний природний стік вод у водойму.

Поверхневий водозбір це «...ділянка суходолу, з якої надходять води в дану річкову систему. Підземний водозбір утворюють товщі пухких відкладів, з яких вода надходить до річкової мережі. Зазвичай поверхневий та підземний водозбори не збігаються. Оскільки визначити межі підземного водозбору практично неможливо, величина річкового басейну визначається поверхневим водозбором» [21].

Площа водозбору, р. Наумиха всього 169 км<sup>2</sup>, проте водозбір має значно розвинуту гідрографію (рис.2.3) .

Основні її притоки : р. Балмутка, балка Каменувата та декілька балок без назв.

Довжини водотоків, ярів і балок визначені за допомогою ГІС з відкритим кодом – QGIS. При цьому проведений ряд обробок цифрової моделі місцевості (ЦМР), геоморфологічний аналіз водозбору, створення гідрологічно вірної моделі рельєфу та побудова гідрографічної мережі. Результати розрахунку довжин та їх територіальне розташування (координати) встановлені в ГІС і запозичені звідтіля з таблиці атрибутів файлу гідрологічного аналізу (рис.2.4).

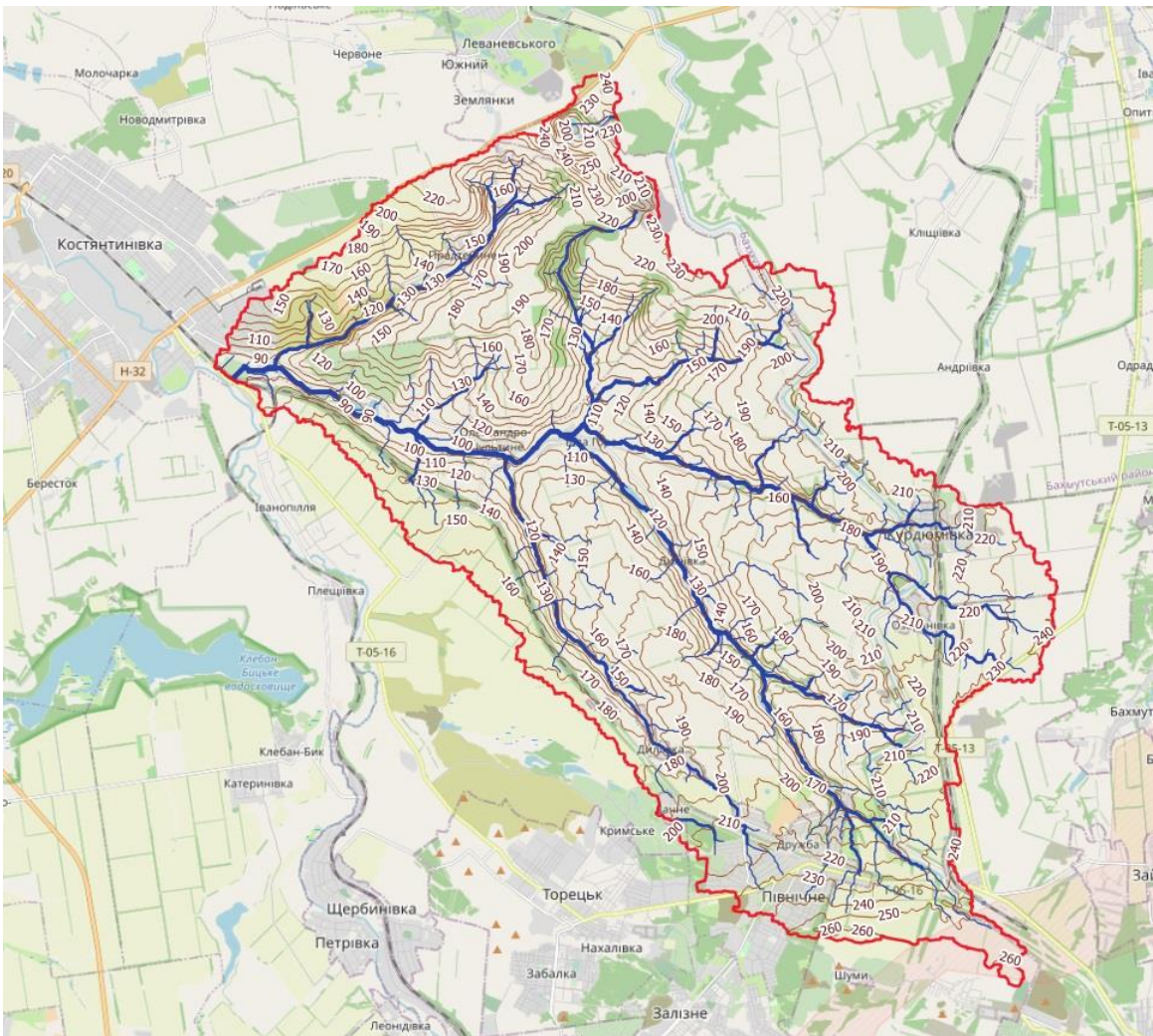


Рисунок 2.3 – Гідрографічна мережа (водотоки, яри та балки) басейну р. Наумиха (QGIS)

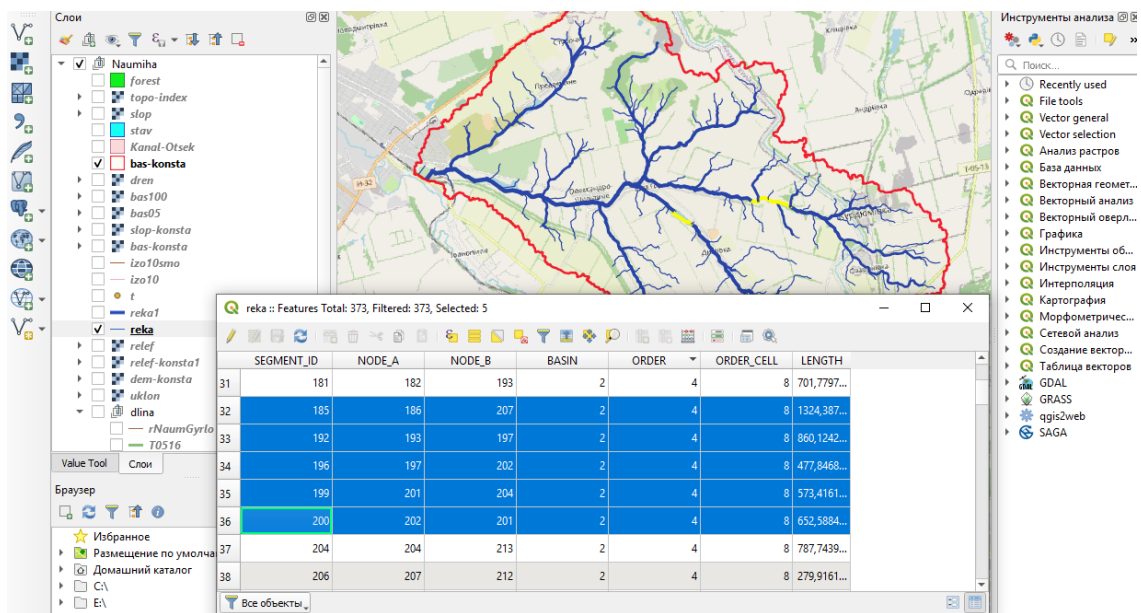


Рисунок 2.4 – Гідрологічний аналіз басейну р. Губиниха (Обробка QGIS)

Кількісна обробка результатів моделювання в QGIS виконана в Microsoft Excel. Довжина річищ та потічків, які протягом тривалого періоду (більше половини року) не пересихають становить близько 25 км, то ж густина річкової мережі – 0,15 км/км<sup>2</sup>. Така густина дещо менше регіональних значень, що обумовлене водопроникністю порід зони аерації та значною закарстованістю території.

Довжина ярів та балок, разом з водотоками складає 365 км, що створює їх густану більше 2 км/км<sup>2</sup>.

До основних морфометричних характеристик відносять довжину та ширину водозбору, середньовиважений похил водотоків та водозбору.

Басейн р. Наумиха до розрахункового створу мосту (див. рис.2.1) складає 169,3 км<sup>2</sup>.

Рельєф басейну «типовий для Донецького кряжу, глибина ерозійного врізу долини річки подекуди досягає 70-80 м. Найбільші відмітки земної поверхні в басейні спостерігаються по вододілу біля витоку річки та її притоків» [13] – 240-263 м БС, найменші спостерігаються в гирлі – 79 м. Загальний ухил басейну з південного сходу на північний захід. Басейн має в плані видовжену, розширену у середній частині форму.

У підручнику Литовченка відмічено, що «...Форма річкових водозборів визначає ступінь одночасності припливу води до замикаючого (розрахункового) створу в різних частинах водозбірної площі і тому істотно впливає на концентрацію стоку і умови протікання води в річці» [31].

Форма водозбору (втягнута, компактна) суттєво впливає на швидкість добігання хвилі танення снігу чи дощової хвилі, тому і визначають його середню ширину за формулою [31]

$$V_{сер} = F / L, \quad (2.2)$$

де  $L$  – довжина водозбору, км.

Для річки Наумиха (до розрахункового створу) маємо довжину по осі водозбору 22,1 км, тоді  $V_{сер} = 169,3 / 22,2 = 7,7$  км.

Важливим параметром в гідрологічних розрахунках є середня висота водозбору [35]. «Вона суттєво значить при формуванні швидкості добігання та стокових характеристик басейну річки

Зазвичай середню висоту визначаємо за формулою

$$H_{сер} = \frac{H_1 f_1 + H_2 f_2 + \dots + H_n f_n}{F}, \quad (2.3)$$

де  $H_1, H_2, \dots, H_n$  – середня висота між сусідніми горизонталями;

$f_1, f_2, \dots, f_n$  – часткові площі, обмежені горизонталями;

$F$  – площа річкового басейну» [35].

В роботі використали сучасні технології обробки – аналіз ЦМР в ГІС що спрощує в рази визначення основних морфологічних характеристик. Так середню висоту визначили за ЦМР водозбору (див. рис. 1.5), яку побудували на основі даних радарної зйомки NASA та запозичили на порталі USGS як модель рельєфу SRTM [44]. Статистика рельєфу та гістограма розподілу висот наведена на рис.2.5.

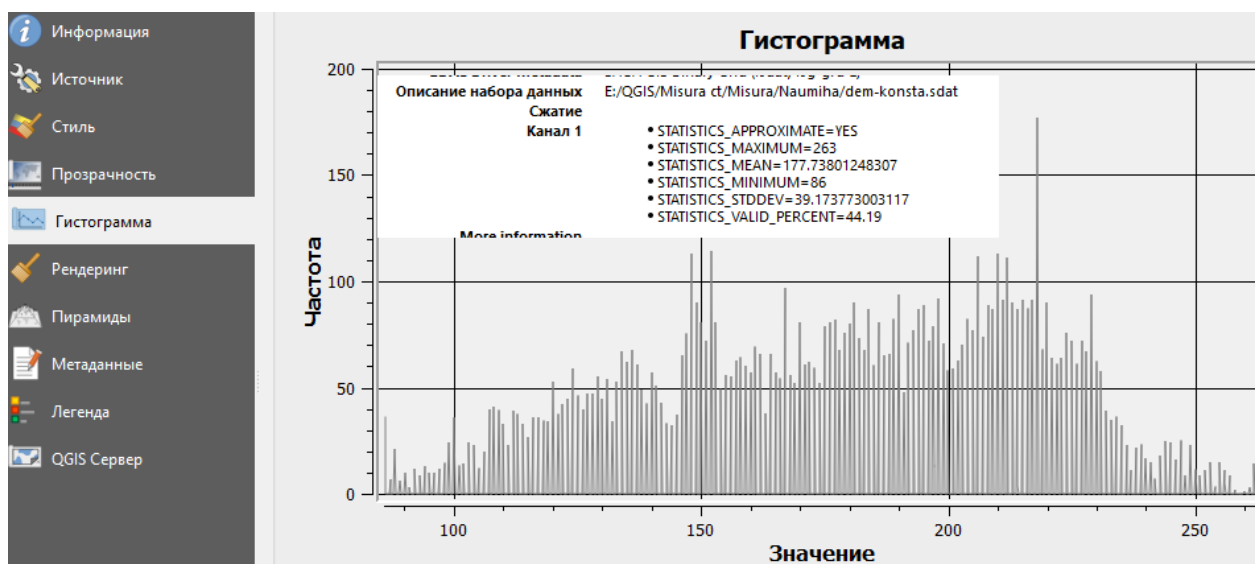


Рисунок 2.5 – Основні статистичні моменти рельєфу водозбору р. Наумиха

Отже, середня висота досліджуваної частини водозбору р. Наумиха становить 177,7 м БС.

В розрахунках максимального стоку (розділ 3) при визначенні збірного коефіцієнту стоку необхідно визначити середній похил схилів басейну річки. Прийнято визначати його, за класичною методикою [31], «за формулою

$$I_{\text{ср}} = \frac{\Delta H [0,5(l_0 + l_n) + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}]}{F}, \quad (2.4)$$

де  $\Delta H$  – висота перерізу горизонталей, м;

$l$  – довжина горизонталей» [31].

Для досліджуваної території середньовиважений похил схилів водозбору визначили завдяки проведеному геоморфологічному аналізу рельєфу за цифровою моделлю SRTM USGS рельєфу [44], (рис. 2.6).

За статистикою шару похилів середньовиважений становить 1,65%, що характеризує в цілому рівнинний характер рельєфу водозбору.

Максимальний становить 15,6% і приурочений до підніжжя заплави річки.

Такі похили, як правило, формують повільне добігання максимального стоку повені та дощового паводку до розрахункового створу.

Наявність зарегульованих водних об'єктів, лісів та боліт на водозборі затримують максимальний стік та зменшують його максимум. Візуалізацію водних об'єктів, лісів та боліт виконана в QGIS за допомогою плагіну QuickMapServices (QuickOSM) шляхом завантаження відповідних векторних шарів (рис.2.7).

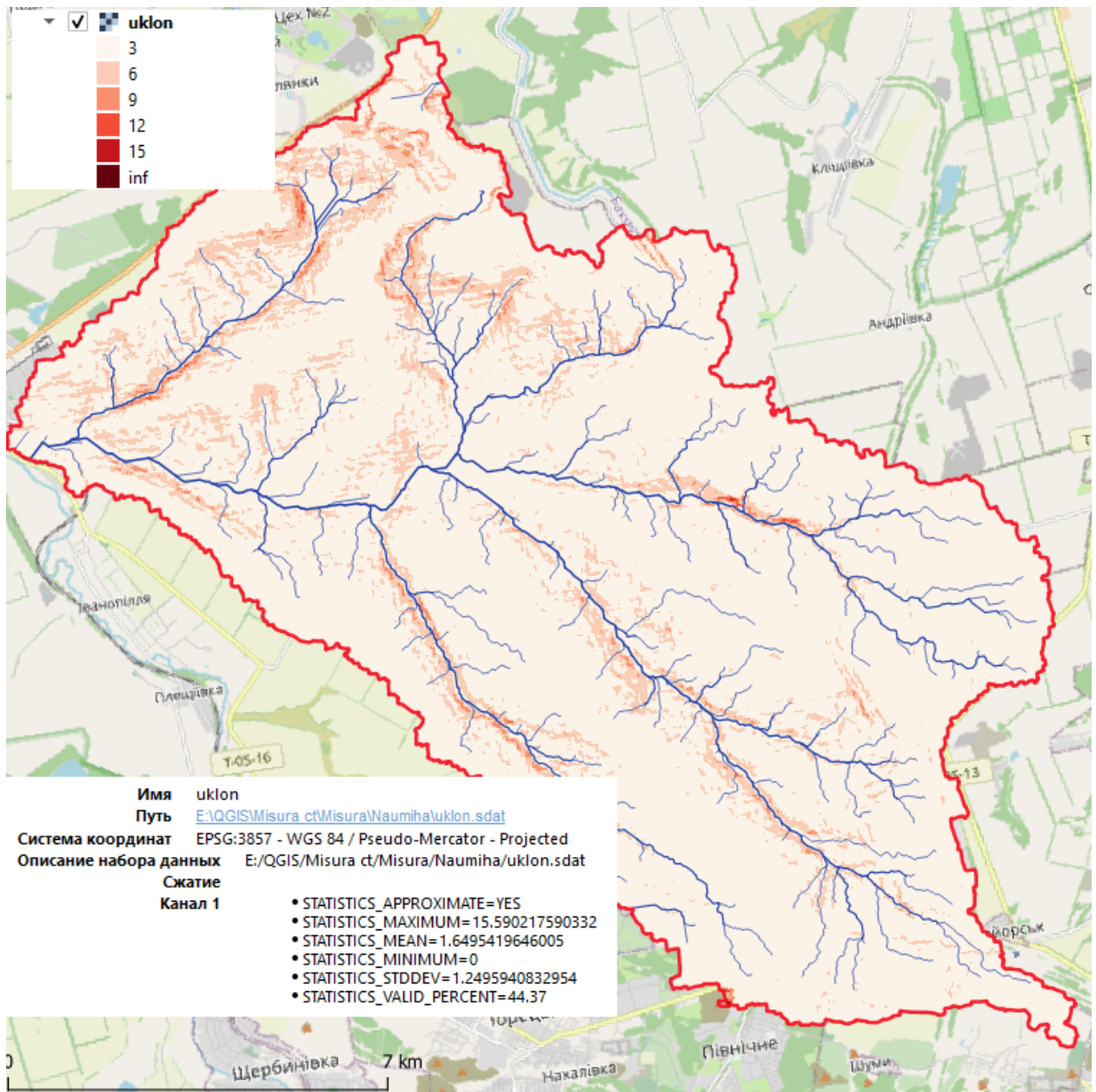


Рисунок 2.6 – Цифрова матриця похилів схилів на водозборі р. Чаплинка (QGIS)

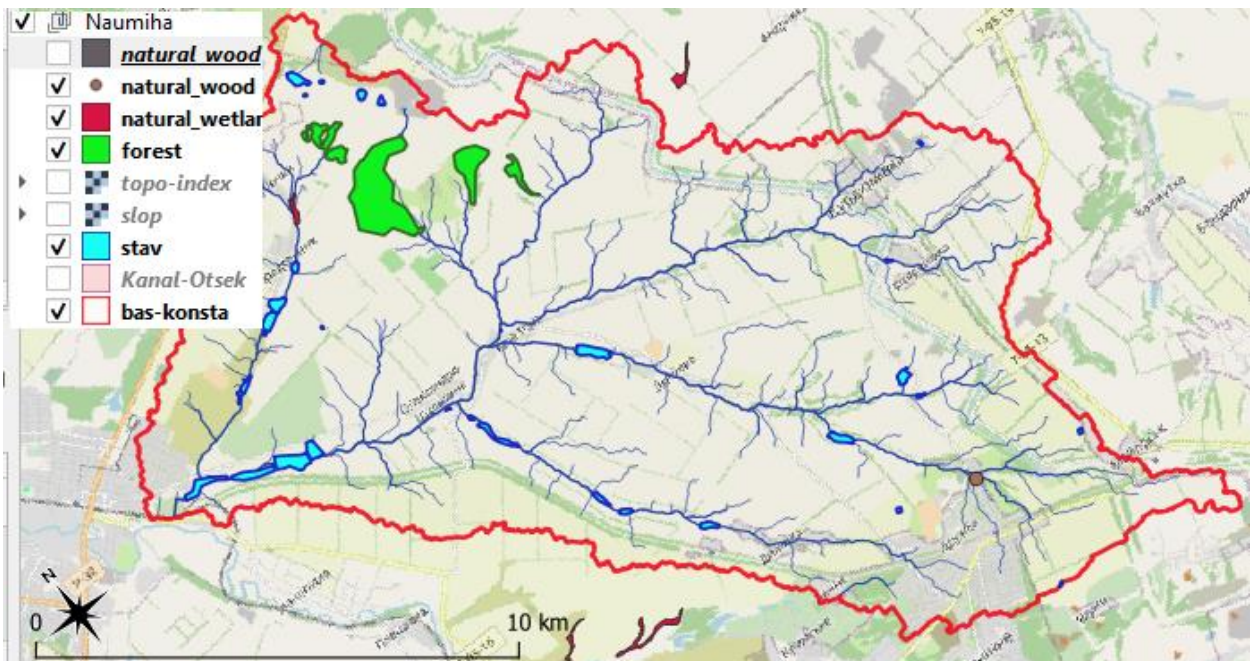


Рисунок 2.7 - Водні об'єкти, ліси та болота на водозборі

Загальна площа лісів склала  $2,41 \text{ км}^2$ , або засіленість  $1,5\%$ ; боліт  $3 \text{ км}^2$  або  $1,9\%$  заболоченість.

### 2.3 Зарегульованість стоку в басейні р. Наумиха

Регулювання стоку це «штучний цілеспрямований перерозподіл у часі річкового стоку відповідно до вимог споживання, який відбувається у збільшенні чи зменшенні стоку в порівнянні з природним режимом у певні періоди» [35].

За звичай «необхідність регулювання стоку, як правило, визначена місцевими потребами забезпечення водою різних народного господарства. Сток водотоків зарегульовують влаштовуючи водосховища та ставків, лісонасаджень, снігозатримання тощо. За тривалістю циклів розрізняють дощове, тижневе, сезонне (річне) та багаторічне регулювання» [35].. Найпоширеніше сезонне, коли «затримують повеневі та паводкові води та

витрачають їх у маловодний період року. Ступінь зарегульованості характеризується коефіцієнтом зарегульованості стоку» [30].

Зарегульованість басейну р. Наумиха ставками помірна. В басейні розташовані 36 ставків (рис.2.7) . Площа водного дзеркала їх визначена з QuickOSM і склала 136 га. Ставки переважно малі, середня площа 5 га. У теперішній час більшість ставків, особливо в нижній частині басейну, висохли. Проте їх акумулююча здатність достатньо висока і врахована при визначенні максимальних витрат коефіцієнтом зарегулювання стоку. Регулююча ємність визначена на прийнятій форсований напір рівний 1 м. При цьому площі ставків збільшаться , в середньому, на 20%. Отже регулюючі ємності ставків мінімум складуть  $1 \cdot (1,36 + 1,50) / 2 = 1,4$  млн м<sup>3</sup>. Корисна ємність ставків, враховуючи їх типову морфологію, оцінена в 1,3 млн м<sup>3</sup>., тоді загальний регулюючий об'єм складе в 2,7 млн. м<sup>3</sup>.

#### **2.4. Льодові явища**

Найбільш широко льодовий режим досліджуваної території описаний в [39], де, зокрема, відмічено, що «...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» [39].

Льодовий режим це «сукупність закономірно повторюваних процесів виникнення, розвитку та руйнування льодяних утворень на водних об'єктах» [21].

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)» [21] .

Виділяють три фази у льодовому режимі річки Наумиха, вона відноситься до замерзаючих річок. Фази такі – замерзання, льодостав і скресання.

Льодові явища на р. Наумиха «спостерігаються у вигляді заберегів, шуги, льодоставу та льодоходу» [39]. За даними прямих гідрологічних спостережень по водомірному посту на річці Кривий Торець біля села Олексієво-Дружківка (спостереження велись 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» [39]. За останні 20 років практично не було «повноцінних» зим, постійного льодоставу не спостерігають.

При пропуску води на прольотних спорудах мостів важливо знати можливості утворення зажорних та заторних явищ на звуженнях річки. Вірогідність їх утворення в підмостовому прольоті залізничного і автомобільного мостах р. Наумиха дуже низька беручи до уваги розрахований нижче рівневий режим розрахункового водопілля. За даними гідравлічного розрахунку різниця відміток для перевірного випадку: між максимальним 1%-вим рівнем водопілля та нижньою кромкою прольоту моста становить 1,0 м .

### 3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ

Водний режим річки – «це зміна рівнів та об'ємів води у водоймах. Вона пов'язана із сезонними змінами клімату, з антропогенним впливом. Водний режим є однією з складових гідрологічного режиму водотоку» [30].

#### 3.1 Розрахунок річного стоку та його внутрішньорічний розподіл

Річка Наумиха знаходиться в безпосередній близькості від добре гідрологічно вивченої річки Сіверський Донець, тому напевне на річці ніколи не було гідрологічних постів і безпосередніх спостережень за стоком немає. Отже, «норму стоку та внутрішньорічний розподіл стоку будемо визначати за нормативними методиками» [21, 30], при відсутності даних спостережень за стоком.

Відповідно до державних будівельних норм (ДБН) [21], при відсутності гідрометричних спостережень за стоком, норму визначають за картою ізоліній. Останню запозичуємо з довідникових даних [39, рис. 27], або з сучасних наукових публікацій [36], витяг з карти модуля стоку наведений на рис. 3.1.

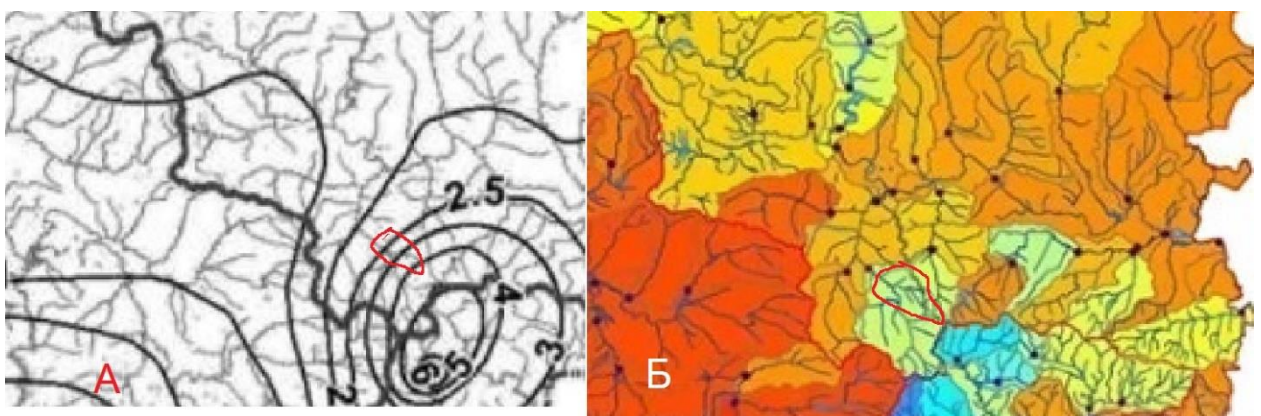


Рисунок 3.1 – Норма річного стоку за [36] (А) та за Шевчуком (Б).

Відповідно до сучасних досліджень норма річного стоку становить для центру досліджуваного водозбору р. Наумиха -  $3 \text{ л/с*км}^2$  – за [36], та  $3,7-3,9 \text{ л/с*км}^2$  – за Шевчуком С.А. За даними довідника з ресурсів поверхневих вод [39] норма дещо менша –  $2,5-3 \text{ л/с*км}^2$ .

В навчальній та довідниковій літературі відмічено, що «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» [30].

Живлення річки «формується зі стоку поверхневих вод від дощів і сніготанення з рік-приток та джерельного живлення. Особливістю річок Донецького кряжу є їх відносно високе ґрунтове живлення» [16, 39]. Ці та інші фактори обумовлюють значно вищий ніж в умовах північного Степу України, середньорічний модуль поверхневого стоку. Для досліджуваного водозбору р. Наумиха, як зазначено вище, він складає від  $2,5$  до  $3,9 \text{ л/с/км}^2$ .

Спостережень за водним режимом р. Наумиха відсутні. Тому за річку-аналог прийнятий схожий за всіма факторами формування водний режим р. Кривий Торець в який впадає р. Наумиха. «Внутрішньорічний розподіл розглянутий для досліджуваного водозбору як однорідний, тому прийнятий за даними багаторічних спостережень», з довідника [39] і показаний в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Внутрішньорічний розподіл стоку [39**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] для р. Кривий Торець, с. Олексієво-Дружківка, площа водозбору 1530 км<sup>2</sup>

Водність ь року*	Місяць												Весна	Літо- осінь
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
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	35,5
2	6,9	8,6	36	16	10,9	3,2	4,4	2,0	1,8	3,0	4,2	3,2	60,6	29,5
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	25,4
4	5,2	10,6	43	22,2	4,1	1,2	2,8	0,5	1,4	2,3	3,3	3,3	75,9	15,6

\* - водність року: 1 вологий (25%), 2 середній (50%), 3 – помірно посушливий (75%), 4 гостро посушливий (90%)

Виходячи з довідникових даних річки аналога Кривого Торця, середній річний стік р. Наумиха можна характеризувати наступними даними:

1.	Площа басейну,	км <sup>2</sup>	169,3
2.	Відстань від гирла,	км	0,3
3.	Середня багаторічна витрата води, Q <sub>0</sub>	м <sup>3</sup> /с	0,34
4.	Мінімальна середньорічна витрата, що була спостережена (11 %)	м <sup>3</sup> /с	0
5.	Середній багаторічний модуль стоку, M <sub>0</sub>	л/с/км <sup>2</sup>	3.0
6.	Середній річний шар стоку, H <sub>0</sub>	мм	63
7.	Середній річний об'єм стоку, W,	млн. м <sup>3</sup>	10,7
8.	Коефіцієнт варіації стоку, C <sub>v</sub>		0,5
9.	Коефіцієнт асиметрії стоку, C <sub>s</sub>		2C <sub>v</sub>

В сухий, маловодний гідрологічний період р. Наумиха пересихає.

При розрахунку характеристик річного стоку використали моделювання в ГІС QGIS [2]. Створено відповідний проект для досліджуваної території, рисунки наведено в попередньому розділі.

Розрахунок річного стоку для років різної забезпеченості наведено в табл.3.2.

Норма стоку за розрахунковим створом становить 508 л/с. В гостро посушливі роки середньорічна витрата не перевищує 200 л/с.

Норма об'єму стоку 16 млн.м<sup>3</sup>, в гостро посушливі роки стік в меженний період може не спостерігатись, а за рік складає 5 млн.м<sup>3</sup>.

Таблиця 3.2- Розрахунок річного стоку різної забезпеченості для розрахункового створу р. Наумиха

Найменування показників		Значення
- середній багаторічний модуль стоку, л/(с×км <sup>2</sup> ), q		3
A - площа водозбору річки до розрахункового створу, км <sup>2</sup> .		169,3
Акр1-величину першої критичної площі		59,2
Р <sub>0</sub> - густина річкової мережі, км/км <sup>2</sup>		0,15
Л <sub>т</sub> - довжина основного тальвегу, км		24,75
i - уклон русла основного тальвега, ‰.		5,62
H - падіння русла, м		139
Коефіцієнт варіації річного стоку C <sub>v</sub>		<b>0,5</b>
Поправка на коефіцієнт варіації річного стоку KС <sub>v</sub>		1,013
Відношення C <sub>s</sub> : C <sub>v</sub> (кратне 0,5)		2
Збільшення мінливості річного стоку при S < 50 км <sup>2</sup>		1,000
Уточнене C <sub>v</sub>		0,507
Модульний коеф, К%	P=1%	2,51
	P=5%	1,94
	P=10%	1,67
	P=25%	1,28
	норма	1
	P=50%	0,918
	P=75%	0,634
	P=90%	0,436
	P=95%	0,342
	P=99%	0,206
Об'єм стоку за рік, тис.м <sup>3</sup>	P=1%	40203,0
	P=5%	31073,2
	P=10%	26748,6
	P=25%	20501,9
	норма	16017,1

Найменування показників	Значення	
	P=50%	14703,7
	P=75%	10154,9
	P=90%	6983,5
	P=95%	5477,9
	P=99%	3299,5
Середня річна витрата, м <sup>3</sup> /с	P=1%	1,275
	P=5%	0,985
	P=10%	0,848
	P=25%	0,650
	норма	0,508
	P=50%	0,466
	P=75%	0,322
	P=90%	0,221
	P=95%	0,174
	P=99%	0,105

### 3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняного водопілля

Водопілля це 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» [30]. Термін настання водопілля багато в чому залежить від типу живлення та особливостей кліматичних умов. «Інтенсивність повені сильно коливається з року в рік, також в роки з аномальним погодним режимом вона може зміщуватись на інші сезони» відмічено в [30].

Весняні повені в досліджуваному регіоні спостерігається не кожного року. Інженерні розрахунки максимального стоку ( витрати і об'єми стоку) р. Наумиха в розрахунковому створі проектного мосту виконані, відповідно до рекомендацій ДБН [21] , по формулі граничної інтенсивності [39], оскільки відсутні спостереження за ним, і приведені в табл. Б.3.

Вишневецький [16] рекомендує розрахунки проводити за формулою граничної інтенсивності

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

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

$a_m$  – максимальна інтенсивність водовіддачі талого стоку ( $\text{мм}/\text{год}$ ). В роботі прийнята для перевірконої 1%-вої забезпеченості (ймовірності перевищення) з довідникових даних [39], і дорівнює для розрахункового водозбору 4,3  $\text{мм}/\text{годину}$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт редуції модуля максимальної витрати, який визначаємо для кожного виділеного створу окремо;

$F$  – площа водозбору до розрахункового створу,  $\text{км}^2$ ;

$\rho$  – коефіцієнт, який змінює віддачу стоку з басейну за рахунок впливу залісеності, заболоченості і неодноразності;

$r$  – коефіцієнт, що враховує вплив системи водосховищ;

$\lambda$  – перехідний коефіцієнт від 1%-вої до іншої ймовірності перевищення максимальних витрат;

0,28 – коефіцієнт вимірювання.

Коефіцієнт редуції максимальної витрати та стоку залежить від значення часу ( $\tau$ ) схилового добігання, і визначаємо за відношенням

$$n = \frac{\tau}{t_c}, \quad (3.2)$$

де  $\tau$  – тривалість добігання стоку, год, залежить від довжини тальвегу та похилу водостоку. Остання визначена в ГІС і дорівнює 24,75 км;

$t_c$  – тривалість водовіддачі залежить від фізико-географічного районування території дослідження, прийнята за рекомендаціями [39] і становить 4,1 доба.

Оскільки для розрахункового водозбору значення  $n < 1$ , час схилового добігання  $\tau < 1$  доби, коефіцієнт редуції визначаємо за формулою

$$\varphi = \frac{t_c}{0,92t_c - 0,24 + (1,94t_c + 5,95)\tau} \quad (3.3)$$

Свою чергу швидкість добігання води водопілля визначається за формулою [39]

$$v = a \cdot H^{1/3}, \quad (3.4)$$

де  $a$  – коефіцієнт форми русла, залежить від шорсткості його дна і стінок, і як правило притаманна типу річища і величині річки. Приймаємо за рекомендаціями [Ошибка! Источник ссылки не найден.39 табл. 76] і рівна 5;

$H$  – різниця відміток (падіння річки) витoku та розрахункового створу. Рекомендовано в [39] для малих річок приймається від водорозділу до розрахункового створу, м. В роботі перепад визначений через ЦМР і становить 139 м.

Лісів та боліт на водозборі небагато (див. п.2.2), їх вплив врахований в розрахунках відповідно до [21], табл. Б.3

Площа ставків на водозборі значна – 136 га, що спричиняє значне зарегулювання стоку. Оціночний об'єм регулювання складає 2,7 млн.м3, що складає 50% стоку в сухий рік. Тому це суттєво вплине на максимальні витрати повені.

Коефіцієнт зарегульованості максимальної витрати ставками, які узагальнені в один розрахунковий об'єм, визначається за формулою

$$r = 1 - \frac{W_1}{S_1} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{f_1}{F} \right)^n \right], \quad (3.5)$$

де  $W_1$  – регулюючий об'єм ставків (водосховища);

$S_1$  – стік з водозбірної площі  $f_1$ ;

$n$  – редуційний параметр, який прийнятий 0,75 .

Всі розрахунки виконуємо в Excel в табличній формі (таблиця Б.3).



«Зменшення інтенсивності весняних повеней спостерігається по всіх річках України і пов'язано з глобальним потеплінням клімату, зменшенням накопичення снігу взимку» [28].

Підсумкові дані максимальних витрат і об'ємів стоку весняних повеней в створі проектного мосту на р. Наумиха приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Максимальна витрата і об'єм стоку водопілля р. Наумиха (розрахунковий створ - створ мосту ,  $F_{\text{бас.}}=169,3 \text{ км}^2$ )

Гідрологічний параметр	Забезпеченість гідрологічної величини P, %					
	0,5	1	3	5	10	25
р. Наумиха,						
Максимальні витрати, $\text{м}^3/\text{с}$	52	43	33	27	20	11
Об'єм стоку повеней, $\text{млн. м}^3$	22	18	13	11	7	3

Отримані значення миттєвих максимальних витрат необхідно уточнити з точки зору трансформації піка повені ставками, про що нижче.

### 3.3 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку дощового паводку

Паводок це «значне підвищення водності річки в межах річного циклу, що виникає нерегулярно та утворюється під час сильних дощів чи під час відлиги. На відміну від повеней, паводки виникають нерегулярно» [30].

Швидкість формування паводку по р. Наумиха, «за рахунок малої площі водозбору та відповідно високого значення коефіцієнту редукації для водозбору в цілому, порівняна з інтенсивністю весняних повеней» [39]. В останнє десятиліття, «в зв'язку з кліматичними змінами та відсутністю

сніжних зим, зливові опади набувають вирішального значення при проектуванні водопропускних ГТС на малих річках, площею до 200 км<sup>2</sup>» [33], особливо.

Відповідно до норм ДБН [21] «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 редукції максимального зливого стоку використовуючи дані річки аналога». За останню прийнята р. Кривий Торець.

Відповідно до норм ДБН [21, додаток Д], «в залежності від площі водозбору та гідроморфологічних особливостей його, обґрунтовують вибір типу розрахункової формули для визначення максимальної миттєвої витрати води дощового паводку».

В ДБН [21] виділяють три типи формул. Найкраще для розрахункових умов підходить формула III типу. При відсутності спостережень за максимальним зливовим стоком, як в нашому випадку, для Степу України рекомендована формула Вишневецького [10].

$$Q_p = 1.67 \cdot h_m \cdot F \cdot \varphi \cdot n \cdot r \cdot r_1 \lambda, \quad (3.6)$$

де  $Q_p$  – максимальна миттєва витрата (м<sup>3</sup>/с) ймовірністю перевищення  $P\%$ ;

1,67 – коефіцієнт вимірювання;

$h_m$  – максимальна злизова водовіддача 1%-вої ймовірності перевищення, що визначається за картою і для центру водозбору рівна 5,5 мм/10 хв [39] ;

$\varphi$  – коефіцієнт редукції максимального зливого стоку, що залежить від часу схилового добігання і визначається  $\varphi = (2,26)/(1+6,3n^1)$  при  $n < 1$ ; -  $\varphi = 0,626/(1+1,02n^1)$  при  $n > 1$ ;

$F$  – площа водозбору басейну річки до розрахункового створу, км<sup>2</sup>;

$n$  – коефіцієнт, що враховує вплив лісів та боліт на стік з басейну, на який дещо менше 1;

$r$  – коефіцієнт, що враховує затримку стоку системами ставків та водосховищ; при визначенні встановлювали площі всіх ставків та глибину регулюючої ємкості;

$r_1$  – коефіцієнт природного зарегулювання витрати заболоченими заплавами, залежить від форми заплави, типу заболоченості (долі), площ боліт;

$\lambda$  – коефіцієнт переходу від 1%-вої ймовірності перевищення максимальних витрат води до розрахункової.

Основні результати зливогого стоку по водозбору р. Наумиха наведені в табл. Б.5

Підсумкові дані максимальних витрат і об'ємів стоку дощів в створі проектного мосту на р. Наумиха приведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Максимальні витрати і об'єми стоку дощового паводку р. Наумиха (розрахунковий створ- створ мосту ,  $F_{\text{бас.}}=169,3 \text{ км}^2$ )

Гідрологічний параметр	Забезпеченість гідрологічної величини Р, %					
	0,5	1	3	5	10	25
р. Наумиха,						
Максимальні витрати, $\text{м}^3/\text{с}$	150	128	90	77	55	32
Об'єм стоку паводку, $\text{млн. м}^3$	9,7	8,3	5,8	5	3,6	2,1

Таким чином зливовий максимум стоку суттєво перевищив максимум повені, тому обґрунтування максимальних рівнів (нижче, п.2.9) виконано саме на витрату дощового паводку.

Отримані значення миттєвих максимальних витрат необхідно уточнити з точки зору трансформації піка паводку ставками, про що нижче.

Для обґрунтування та оцінки роботи водоскидних споруд при пропуску максимальних витрат необхідно виконати розрахунок трансформації максимального стоку водними об'єктами – ставками та водосховищем

### **3.4 Трансформація максимального стоку ставками та водосховищами**

Відомо, що генетичні методи розрахунку максимальних витрат та об'ємів стоку повені чи дощового паводку, визначають пікове значення їх. При визначенні пропускної здатності мостових прольотів до уваги треба брати можливість підпору перед мостовим прольотом, а відтак створення деякої регулюючої ємкості. Практично всі ставки володіють нею, тому при розрахунку трансформації максимального стоку використаємо

При розрахунку трансформації максимального стоку та при відсутності спостережень за стоком рекомендують використати спрощений метод Д.І. Кочеріна [30].

За цим методом схематизують гідрограф дощового паводку чи повені за трикутником, тоді максимальна трансформована витрата визначається за формули

$$q_{max} = Q_{max}(1 - V_{ФПГ}/W_n), \quad (3.7)$$

де:  $Q_{max}$  – максимальна середньодобова витрата повені (паводку) ;

$V_{ФПГ}$  – можливий об'єм регулювання ставками та заболоченою заплавою;

$W_n$  – об'єм стоку розрахункової повені.

Для переходу від миттєвих максимальних витрат до середньодобових відповідно до норм ДБН В.2.4-8:2014 [21] в залежності від площі водозбору перехідний коефіцієнт дорівнює  $k_t=1,72$ .

Розрахунок трансформації проведемо для 1% , 5% та 10%-ої забезпеченості максимального стоку . Результати наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Трансформація максимального стоку в розрахунковому створі річки Наумиха

Забезпеченість максимальної витрати	Максимальна витрата повені, м3/с		Об'єм стоку повені, млн.м3	Об'єм регулювання, млн. м3	Зарегульована Трансформована витрата, м3/с
	миттєва	середньодобова			
Весняна повінь					
1%	43,7	25,5	18,5	2,7	21,8
5%	28,00	16,3	10,89	2,7	12,3
10%	20,56	12,0	6,83	2,7	7,2
Дощовий паводок					
1%	128,3	74,7	8,3	2,7	50,4
5%	76,98	44,8	4,98	2,7	20,5
10%	55,17	32,1	3,57	2,7	7,8

В результаті максимальна трансформована витрата 5%-вої забезпеченості (відповідно до класу наслідків (відповідальності) СС1) дощового паводку буде більша за аналогічну витрату повені. Її і приймемо для обґрунтування пропускної здатності мосту.



русло річки на цій ділянці між мостами штучно зроблене, має трапецієвидну форму класичного каналу ( в додатку А наведений повний геодезичний план ділянки річки).

В нижньому б'єфу русло має призматичний профіль, повертає на ліво, частково заросло. В разі пропуску максимальних вод велика ймовірність, що буде додатковий підпір води через підвищену шорсткість русла, що може привести підтопленої роботи мосту в розрахунковому створі. Характер руху потоку в цьому разі треба розглядати як протікання води через водопропускну споруду, яку за всіма вимогами можна віднести до типу водозливів з широким порогом. Ступінь підтоплення необхідно визначати при детальному гідравлічному розрахунку, побудові поздовжнього і поперечного профілів русла річки Наумиха в нижньому б'єфі на різних пікетах. Врахувати такі особливості русла в нижньому б'єфі можливо в гідравлічних розрахунках через коефіцієнтом шорсткості русла та підбору або моделюванню коефіцієнта підтоплення водозливу.

Побудували поперечний профіль русла (рис.4.5 ) в створі мосту зі сторони верхнього б'єфу. При цьому в роботі використані результати інженерно-геодезичних вишукувань по зйомці моста (додаток А).

#### **4.1 Гідравлічний розрахунок русла р. Наумиха в нижньому б'єфі**

Гідравлічні розрахунки по руслу р. Наумиха виконані для умов «повільно змінного режиму руху рідини, для якого у відкритих руслах рекомендують застосовувати формули Шезі

$$Q = \omega C (Ri)^{0.5}. \quad (4.1)$$

де  $\omega$  – площа живого перерізу потоку, м<sup>2</sup>;

$C$  – коефіцієнт Шезі, який в розрахунках визначаємо по формулі Манінга;

$R$  – гідравлічний радіус, м;

і – гідравлічний похил русла, визначений на основі геодезичних вишукувань» [8]:

«Коефіцієнт шорсткості русла річки необхідно визначати на основі рекогносцировки ділянки або за типовими таблицями стану русла» [8]. В роботі вибрали другий варіант, значення прийнято  $n=0,028$  так як на ділянці річки між двома мостами русло призматичне, штучно створене та знаходиться в доброму стані (рис.4.2).

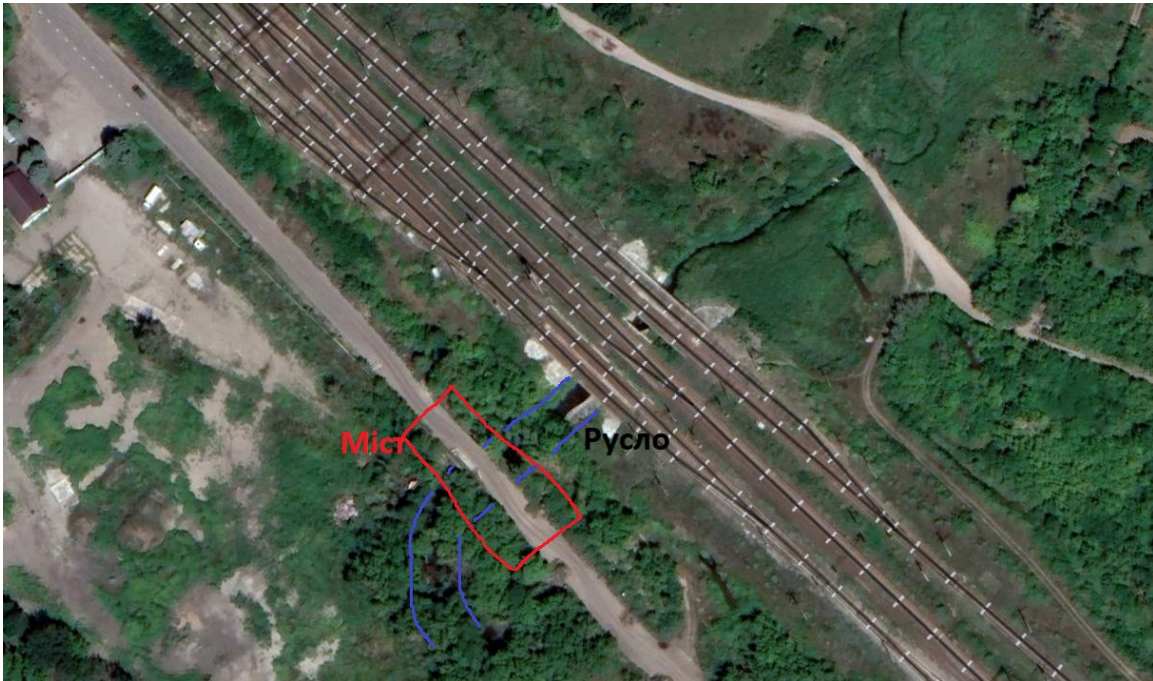


Рисунок 4.2 – Фото мосту через р. Наумиха, Google Earth, 13.09.2018р.

Поперечний профіль русла в нижньому б'єфі визначений за даними геодезичних вишукувань (додаток А) , а також за даними аналізу ЦМР по руслу до гирлової частини (рис.4.3).

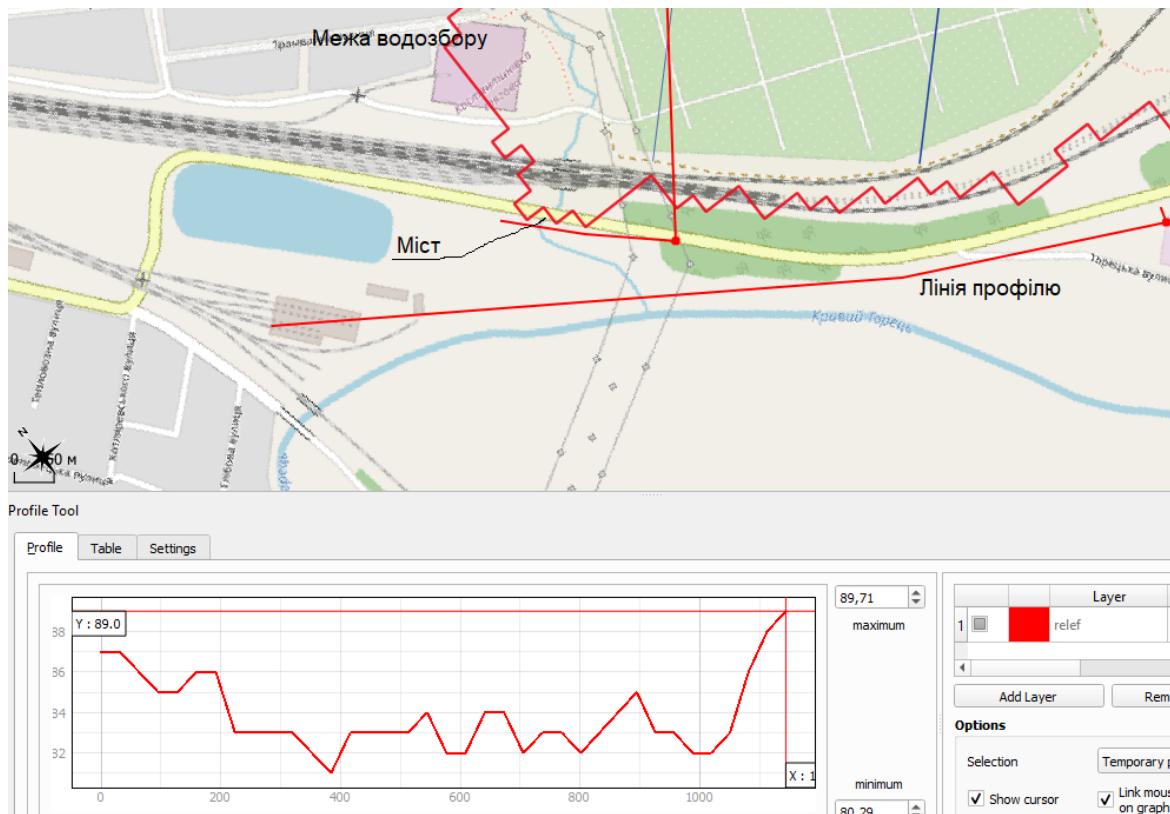


Рисунок 4.3 – Поперечні профілі по руслу р. Наумиха нижче мосту (QGIS)

Профіль русла в нижньому б'єфі має характерні для річок Донецького кряжу особливості – типове коритоподібне основне русло з виходом на нешироку заплаву. Ширина останньої в гирловій частині річки не перевищує 800 м. Враховуючи, що досліджуваний міст знаходиться в 0,5 км від гирла на рівні води в нижньому б'єфі може впливати рівневий режим Кривого Торця в період високих вод, тобто ймовірно явище підпертого б'єфу.

Результати гідравлічного розрахунку пропускної спроможності русла в нижньому б'єфі мосту через Наумиху наведені в табл. 4.1.

## 4.2 Гідравлічний розрахунок пропускної здатності підмостового прольоту

Розрахункова формула для гідравлічного розрахунку підмостового прольоту «відповідає умові протікання води через водозлив практичного профілю, має вигляд:

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

де:  $\sigma_{\text{п}}$  – коефіцієнт підтоплення в створі русла, який враховує всі вище перераховані особливості водопропуску максимальних вод в реальних умовах нижнього б'єфу,  $\sigma_{\text{п}}=1,0-0,3$  – прийнятий при моделюванні умов пропуску;

$m$  – коефіцієнт витрати прийнятий за схемою як для водозливів з широким порогом, для підмостового прольоту з врахуванням сучасного стану мостового прольоту та особливостей його профілю за результатами геодезичних вишукувань (див. додаток А) прийнятий рівним  $m=0,32$ ;

$B^*$  – ширина русла по урізу води в створі мосту (визначена для кожного розрахункового рівня з врахуванням змінного профілю (див. рис. 4.5) і відповідно віднесена до площі живого перерізу);

$H$  – глибина води в верхньому б'єфі перед мостом (представляє собою напір на гребні водозливу),  $m \gg [8]$ .

Таблиця 4.1 – Результати гідравлічного розрахунку пропускної здатності русла р. Наумиха в нижньому б'єфі мосту

Гідравлічний параметр русла	Од. вим. гідравлічного переметру	Розрахунковий рівень води в верхньому б'єфі мосту, м БС			
		78,03	79,23	80,84	82,2
змочений периметр, $\chi$	м	3,30	6,09	13,71	20,35
Гідравлічний радіус, $R$	м	0,10	0,79	1,27	1,82
Коефіцієнт Шезі, $C$	$m^{0.5}/c$	25,81	34,32	35,41	35,86
Витрата, $Q^*$	$m^3/c$	0,16	8,19	39,14	100,19
Середня швидкість потоку, $V$	м/с	0,47	1,71	2,24	2,71
Середня глибина, $h_c$	м	0,12	1,09	1,54	2,13
Максимальна глибина потоку, $H$	м	0,23	1,43	3,04	4,4
Ширина русла по урізу води, $B$	м	3	4,42	11,32	17,36
Площа живого перерізу потоку, $\omega$	$m^2$	0,35	4,80	17,47	36,97

\* - витрата без врахування підтоплення

Розрахункова схема до гідравлічного розрахунку русла в мостовому прольоті прийнята безпорогова і наведена на рис.4.4.

Враховуючи малі похили річки в гирловій її частині ймовірність роботи водозливу з широким порогом у підтопленому режиму велика. Тому, відповідно до рекомендацій [41], для водозливів з широким порогом значення коефіцієнта підтоплення (рис.4.5) залежить від відношення глибини води в нижньому б'єфі створу ( $h_6$  – див. рис. 4.5) та глибини підтоплення  $h_{п}$ , що представляє собою різницю глибин (рівнів) води в б'єфах.

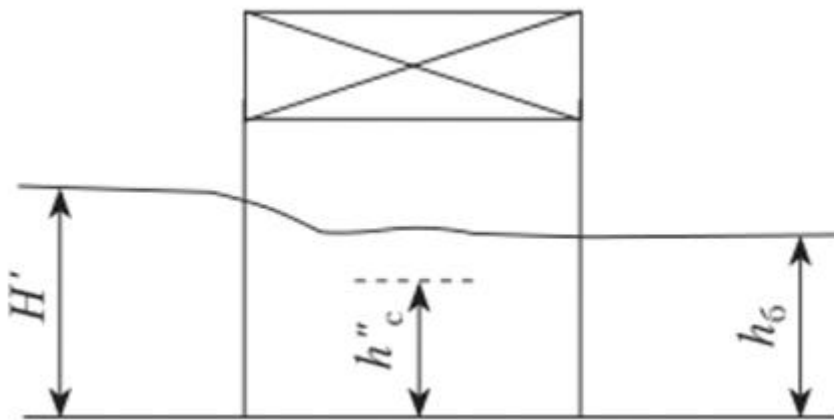


Рисунок 4.4 – Схема до гідравлічного розрахунку водозливу з широким порогом (підмостового прольоту)

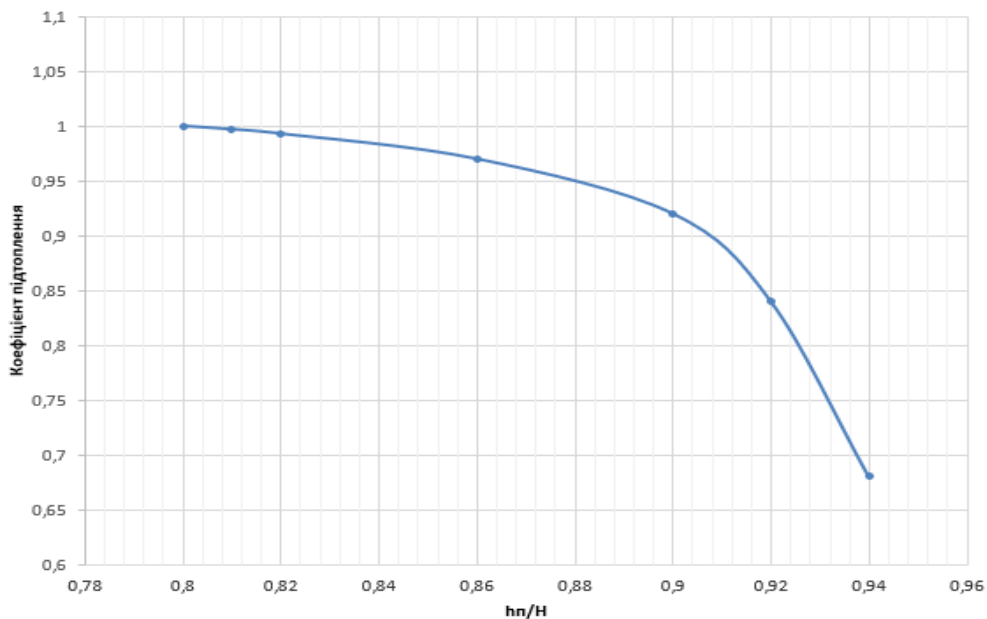


Рисунок 4.5 – Значення коефіцієнту підтоплення при протіканні через водозлив з широким порогом (підмостового прольоту)

Гідравлічні розрахунки для прольоту мосту на р. Наумиха зведені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Гідравлічні розрахунки пропускної здатності русла підмостового прольоту

Гідравлічний параметр потоку	Коефіцієнт підтоплення	Розрахунковий рівень води в верхньому б'єфі мосту , м БС			
		78,03	79,23	80,84	82,2
<b>Витрата, Q, м<sup>3</sup>/с</b>	1	0,17	7,35	34,95	82,46
	0,9	0,15	6,61	31,46	74,21
	0,8	0,13	5,88	27,96	65,97
	0,6	0,10	4,41	20,97	49,48
	0,3	0,05	2,20	10,49	24,74
Середня швидкість руху води під мостом без врахування підтоплення, $V_{\text{м/с}}$	1,0	0,68	1,70	2,47	2,97

### 4.3 Рівневий режим в розрахунковому створі мосту при пропуску надзвичайних витрат

Рівень води це «висота поверхні води водного об'єкті над умовною горизонтальною площиною, узятою для порівняння. Рівень води дуже важливий елемент водного режиму. Від його висоти залежить глибина та ширина водойми, площа водного перерізу, похили, швидкості течії, витрати води. В практиці гідрометричних спостережень головною задачею є встановлення залежності між рівнями води у водному об'єкті та основними характеристиками потоку – витратою, швидкістю, об'ємами води в руслі» [30], тощо.

Коливання рівнів річки в розрахунковому створі зумовлене змінами кількості води, акумулюючою здатністю заплави та водних об'єктів в верхньому створі, витратами. То ж рівне вий режим формується під впливом природно-кліматичних факторів, що формують режим витрат [35].

Максимальні рівні води при пропуску надзвичайних витрат в розрахунковому створі мосту через р. Наумиха встановлюються на принципах гідравлічної рівноваги русла та течії.

За розрахунком пропускної здатності побудовані залежності рівневого режим русла р. Наумиха в розрахунковому створі для випадку водопілля (рис.4.3 та рис.4.4 ) та дощового паводку (рис. 4.5 та рис.4.6).

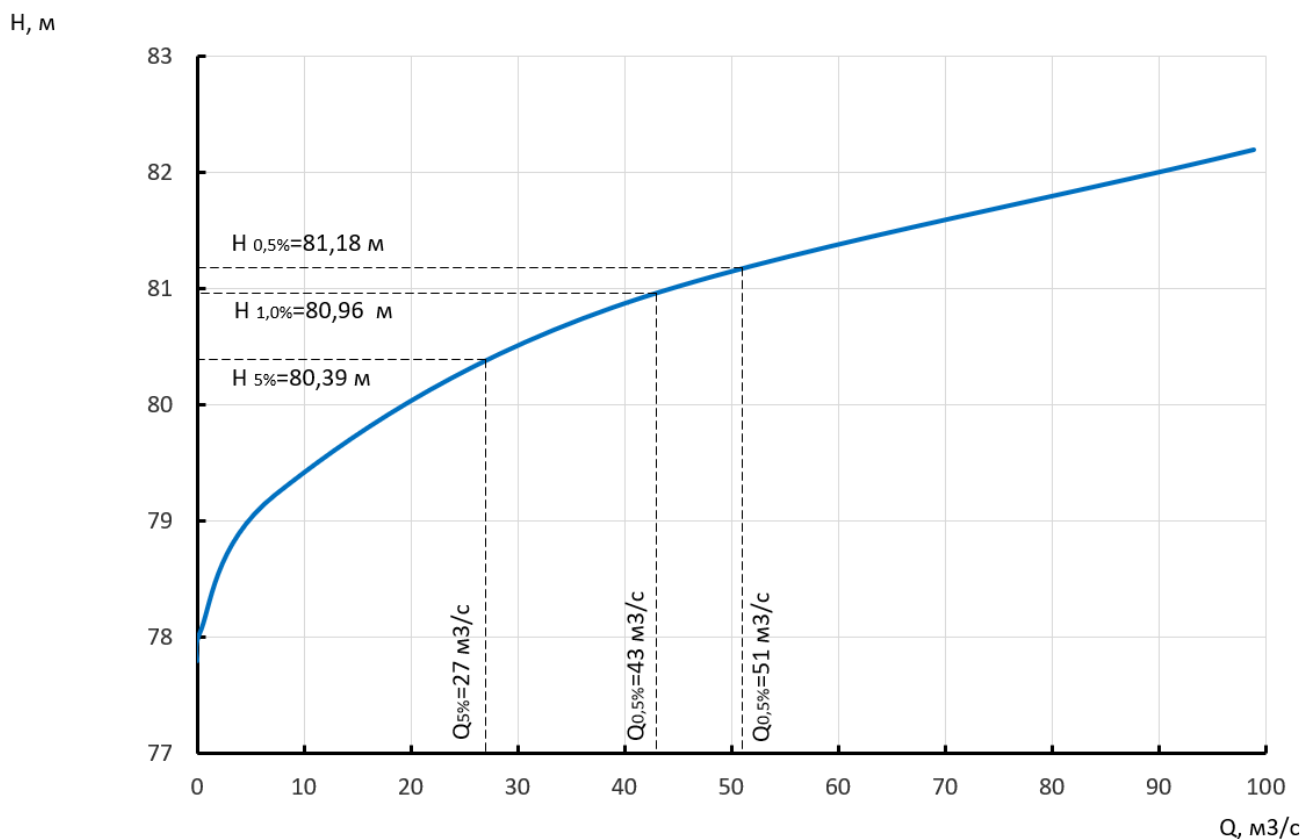


Рисунок 4.3 – Рівневий режим мосту на р. Наумиха в розрахунковому створі в період весняної повені

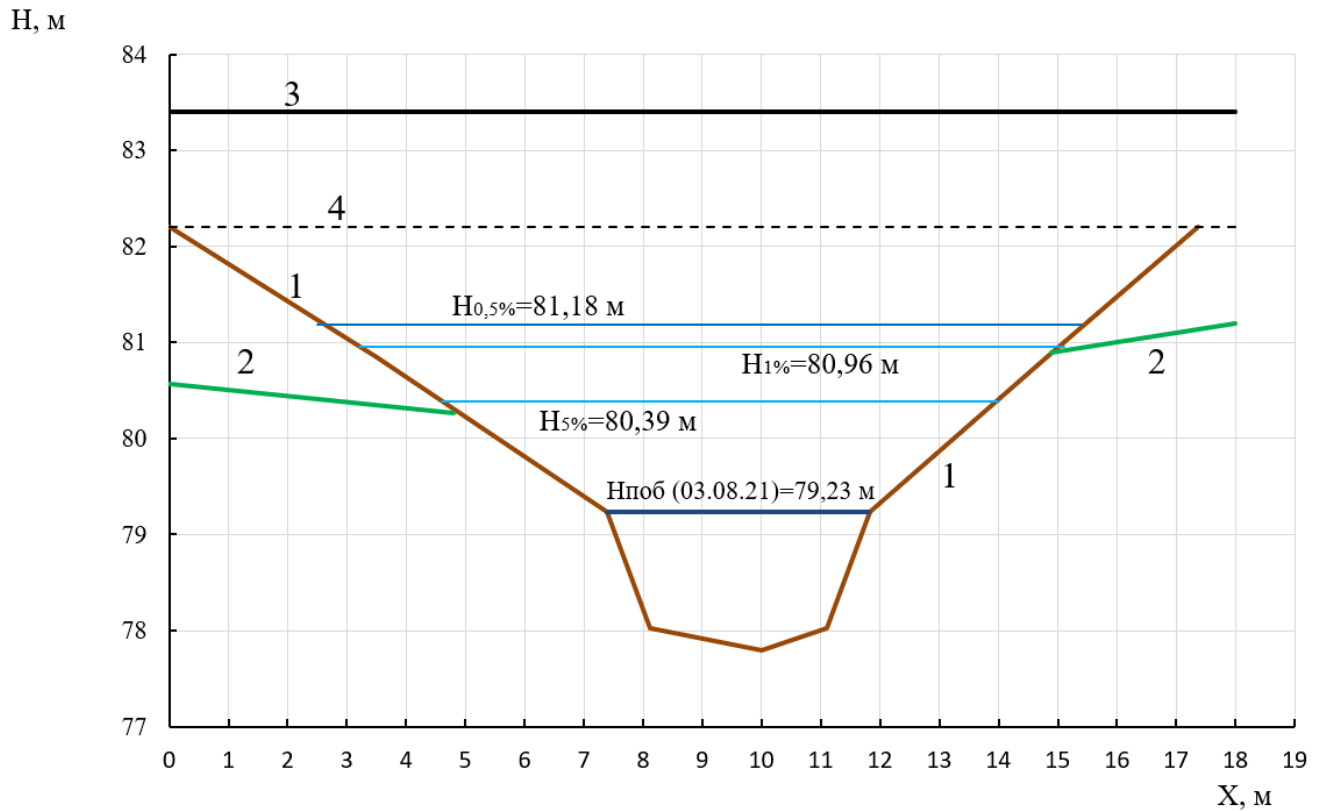


Рисунок 4.4 – Поперечний профіль р. Наумихи в розрахунковому створі мосту з характерними рівнями води весняної повені :

- 1 – позначений профіль русла та мостових устоїв;
- 2 – профіль заплави;
- 3 – міст, його проїзна частина;
- 4 – орієнтовна відмітка низу мостової опори (уточнить за проектом);

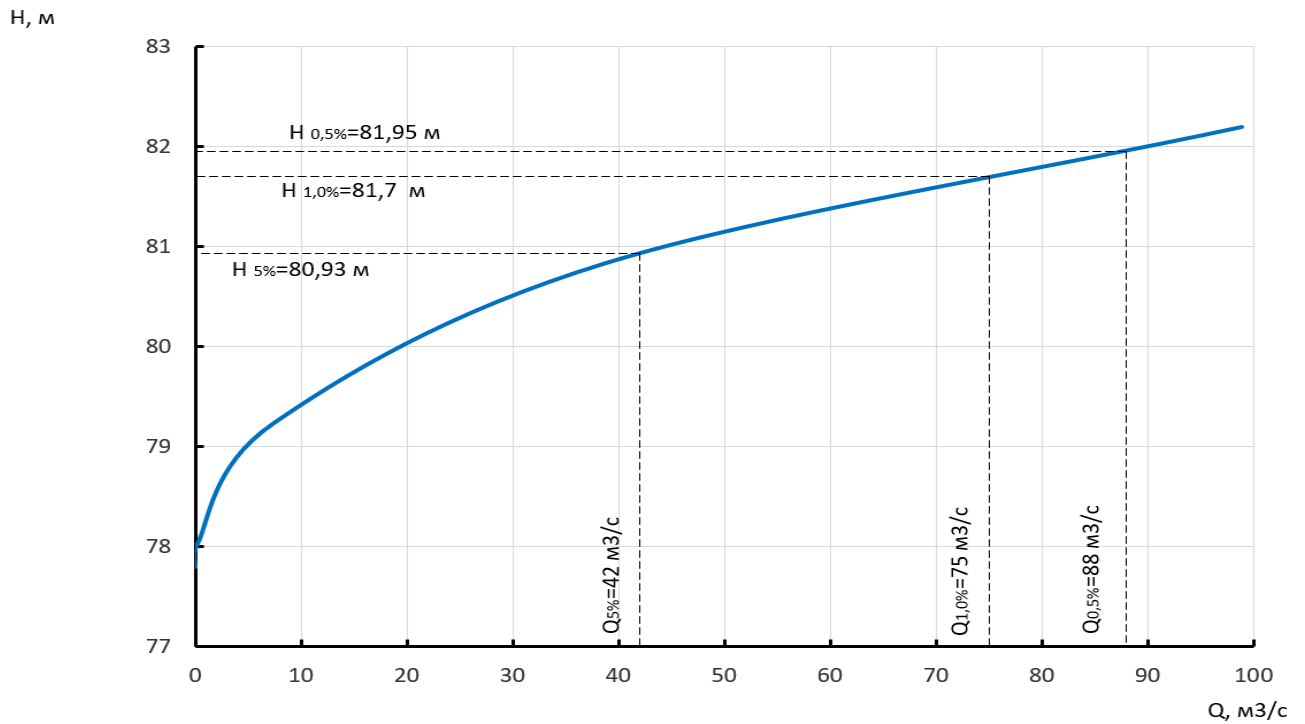


Рисунок 4.5 – Рівневий режим мосту на р. Наумиха в розрахунковому створі в період дощового паводку

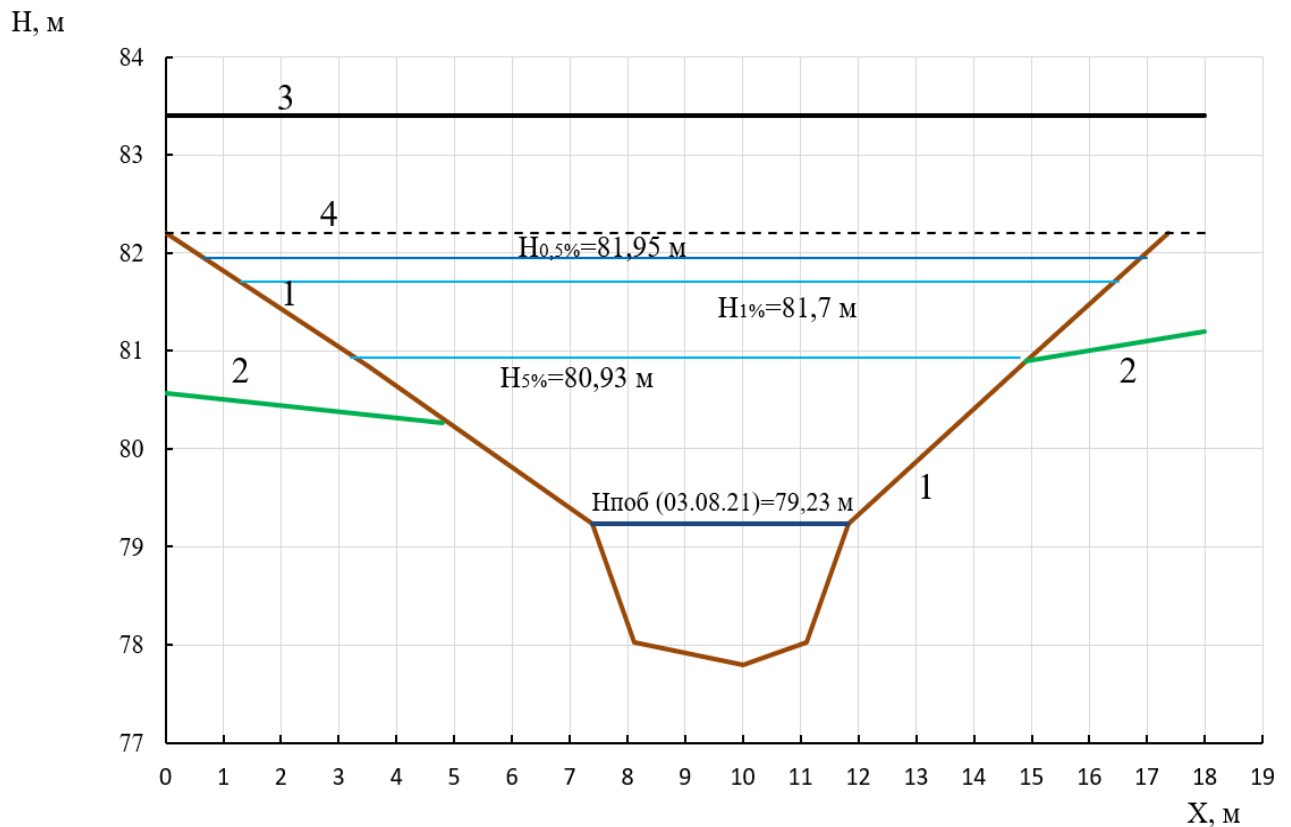


Рисунок 6 – Поперечний профіль р. Наумихи в розрахунковому створі мосту (за даними геодезичної зйомки) з відповідними рівнями дощового паводку :

- 1 – профіль русла та мостових устоїв;
- 2 – заплава;
- 3 – міст, проїзна частина;
- 4 – орієнтовна відмітка низу мостової опори (уточнить за проектом);

Таким чином, максимальний рівень води перед мостом при пропуску максимальної трансформованої витрати дощового паводку 1 % забезпеченості  $Q_{1\%}=75 \text{ м}^3/\text{с}$  буде дорівнювати  $H_{1\%}=81,7 \text{ м}$ .

Основні розрахунки приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати гідравлічних розрахунків пропускної спроможності (перевірочний випадок на максимальні витрати води 1%-ої забезпеченості) по руслу р. Наумиха в розрахунковому створі мосту

Найменування показників	Кількість	Примітки	
1. Відстань до розрахункового створу від гирла,	км	0,3	
2. Максимальна розрахована середньодобова витрата дощового паводку	$\text{м}^3/\text{с}$	75	
3. Відмітка нижньої частини підмостового отвору,	м БС	82,2	уточнити
4. Перевірочний розрахунковий рівень води 1%-ої забезпеченості,			
- у нижньому б'єфі,	м БС	81,7	
- у верхньому б'єфі,	м БС	81,85	
5. Глибина води на вході в мостовий отвір (прольот), Н	м	3,7	
6. Середня швидкість води в мостовому прольоті, V	м/с	2,67	

За результатами проведеного гідравлічного розрахунку русла річки та прольоту мосту на р. Наумиха робимо висновок:

1) Виконані гідравлічні розрахунки пропускної здатності мостового прольоту на р. Наумиха та її русла в нижньому б'єфі для випадків різної вірогідності максимального стоку (5%вої - як основного випадку розрахунку,

1%-вої – як для особливого випадку розрахунку гідротехнічних споруд, які за своїми параметрами відносять до класу наслідків (відповідальності) – СС1;

2) Максимальні рівні дощового паводку виявились більш суттєвими від рівнів повені відповідної забезпеченості, тому аналіз проведений для випадку дощового паводку.

3) Максимальні рівні води у верхньому б'єфі розрахункового створу для випадку пропуску максимальної середньодобової витрати дощового паводку 1% забезпеченості ( $Q_{1\%}=75 \text{ м}^3/\text{с}$ ) досягнуть відмітки 81,85 м БС. Це значення відмітки рівня є вихідними даними для проекту відновлення мосту – призначення відмітки низу мостової опори;

4) Ступінь ймовірного підтоплення підмостового прольоту зі сторони нижнього б'єфу, незначний, або відсутній. Пропускна здатність русла в нижньому б'єфі вища за пропускну здатність мостового прольоту, тому ознак підтоплення немає. Моделювання гідравлічного режиму потоку в руслі показало, що найбільш ймовірним значення коефіцієнту підтоплення не буде меншим за  $\sigma_{\text{п}}=0,9$ .

5) Середні швидкості в під мостом на випадок 1% забезпеченості будуть дорівнювати 2,6-2,7 м/с, що може привести до розмиву русла р. Наумиха в підмостовому прольоті. Тому необхідно планувати закріплення бутовим камінням розрахункового діаметру не менше 0,2-0,22 м.

6) Розрахунок на розмив устою потребує спеціальних досліджень і не є завданням роботи. Проте він мало ймовірний за умови закріплення опор бутовим камінням.

## 5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ НАУМИХА

### 5.1 Оцінка руйнувань мосту та проектні заходи з реконструкції

Місто Костянтинівка є прифронтовим уже більше року. На досліджуваній ділянці дороги Костянтинівка-Іванопілля безпосередніх бойових дій не було, проте тривалими обстрілами частково пошкоджена проїжджа частина мосту. Безпосередньо по об'єкту проектування не вдалося отримати повну фото інформацію про руйнування мосту, проте у звіті з інженерно-геодезичних вишукувань відмічені осередки пошкоджень (див. додаток А), які потребують заміни тільки проїжджої частини мосту на кшталт показаного на рис. 5.1, де проходить ремонт мосту в Харківській області.



Рисунок 5.1 – Монтаж прольотної частини мосту:  
<https://dumka.media/ukr/renovation/1686638615-na-harkivshchini-vidnovlyat-7-mostiv-zruynovanih-viynoju>

Характерними руйнуваннями (рис. 5.1) є розбиті плити перекриття мосту. На рис.5.2 показана схематичне зображення мосту з зонами руйнування.

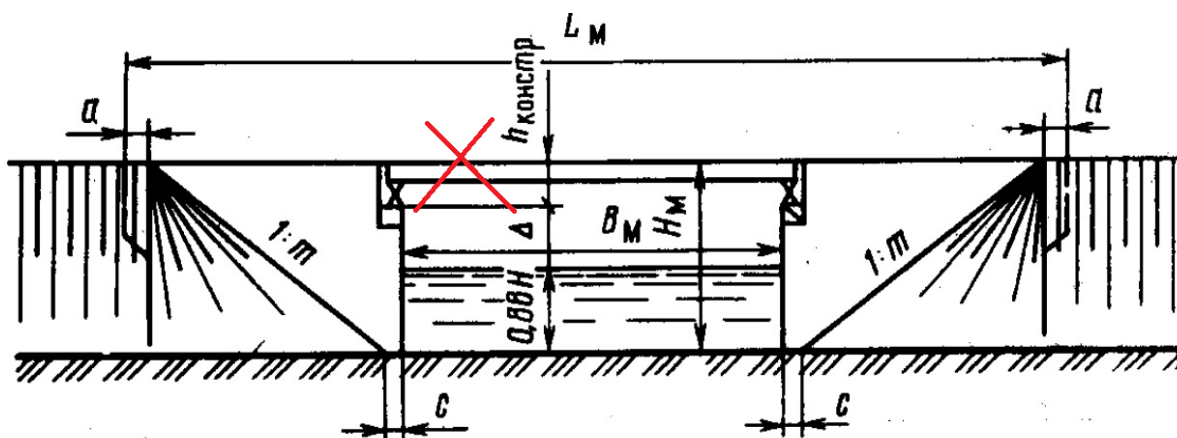


Рисунок 5.2 – Пошкодження плит перекриття мосту через р. Наумиха

Зважаючи на незначні пошкодження мосту та те, що несучі устої мосту залишились цілими говорити про капітальний ремонт немає сенсу. Тому до основних заходів з реконструкції мосту включені наступні:

1. Проведення рекогносцирувальних робіт по обстеженню порушень цілісності конструкції на об'єкті.
2. Проведення інженерних вишукувань.
3. Проведення повного гідрологічного аналізу з метою оцінки пропускної здатності підмостового прольоту мосту та пропускної здатності русла річки Наумиха в нижньому б'єфі і на його основі розрахунку та аналізу рівневого режиму прийняти конструктивні рішення по мосту.
4. Визначення ступеня пошкодження плит перекриття проїжджої частини мосту та інших конструкцій з метою складання переліку відновлювальних робіт та ліквідації пошкоджень.
5. Вибір типу та заміна мостового перекриття з розробкою робочої документації для реконструкції.
6. Визначення об'ємів робіт та матеріалів для реконструкції.



Отже заходи з реконструкції обмежуються заміною плит перекриття проїжджої частини мосту та відповідних робіт по відновленню асфальту та парапетів.

Рекомендовані заходи з реконструкції мосту в роботі виконані як для етапу розробки ТЕО - техніко-економічного обґрунтування, що відповідає передпроектній стадії розробки робочих проектів [18, 17].

Таким чином в роботі наведемо конструктивні особливості заходів по відновленню проїжджої частини мосту (рис.5.2), об'єм робіт, характеристики матеріалів та ринкова вартість реконструкції.

## **5.2 Елементи мостової конструкції, що реконструюються**

Заміні підлягають тільки плити перекриття проїжджої частини мосту. При будівництві мостів широко використовують типові проекти залізобетонних виробів. Зокрема в роботі запропонований варіант типових пустотілих плит перекриття за типовим проектом серії 3.503.1-61 «Автомобільні залізобетонні температурно-нерозрізні прольотні споруди з пустотілих плит довжиною 12, 15 та 18 м» [4].

Для перекриття найкраще підійдуть плити марки П 18-10. Вони широко застосовуються для будови мосту та інших дорожніх елементів.

Дорога відноситься до категорій П, що і спонукає до вибору саме цих плит. Подібні вироби витримують широкий температурний діапазон (від +45 до -45 градусів). У них висока сейсмічну стійкість.

Завданням реконструкції є підбір правильного розміру плити. Відповідно до плану інженерно-геодезичних вишукувань (див. додаток А) довжина прольоту мосту стандартна і рівна 18 м. Відповідну і вибираємо плиту.

На рис. 5.4 показана принципова конструкція плити П 18-10 . Її основні характеристики (розміри) наступні::

- Довжина плити - 18 000 мм;
- Ширина – 940 мм;
- Висота – 600 мм;
- Вага плити становить – 16,3 т;
- Геометричний об'єм = 10,152 м<sup>3</sup>.

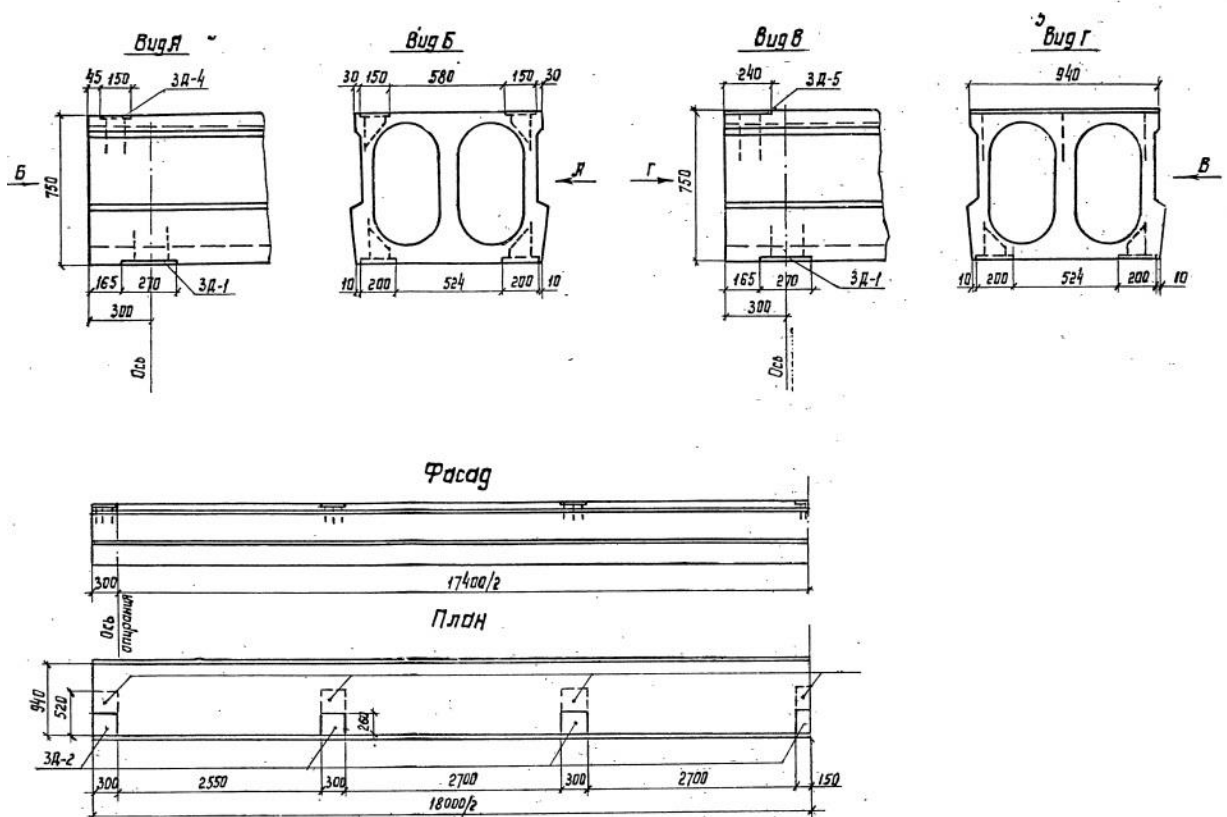


Рисунок 5.4 – Плита мостового перекриття П 18-10 [4]

Монтажна схема встановлення плит показана на рис. 5.5.

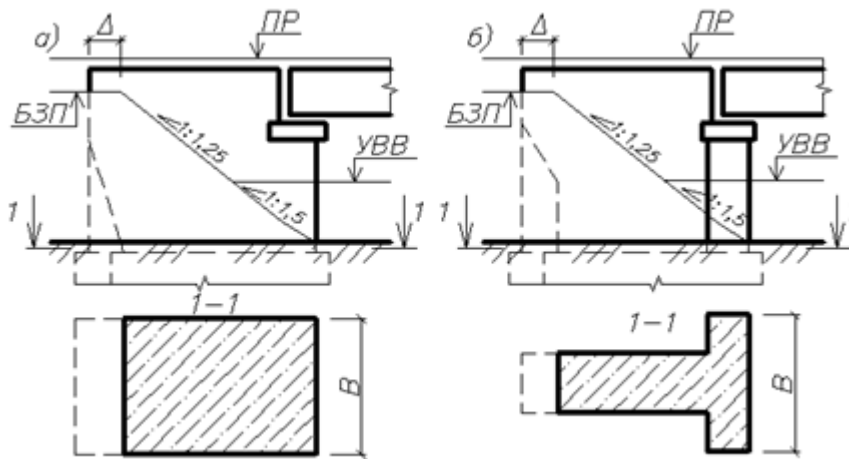


Рисунок 5.5 – Монтажна схема встановлення плит П 18-10

При монтажі плит особливу увагу приділяють безпеці праці. Відповідно до вимог [4] треба дотримуватись правил транспортування та погрузки-вигрузки «... Для перевезення мостових плит П 18-10 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» [4].

Висота складування у штабелі не повинна перевищувати 2,5 метра, тобто їх не повинно бути більше 4 в штабелі. Також безпечними та просторими повинні бути проміжки між штабелями, зокрема відмічено «... 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».

Креслення влаштування мостової плити П 18-10 на мостовій опорі наведено на рис.5.6.

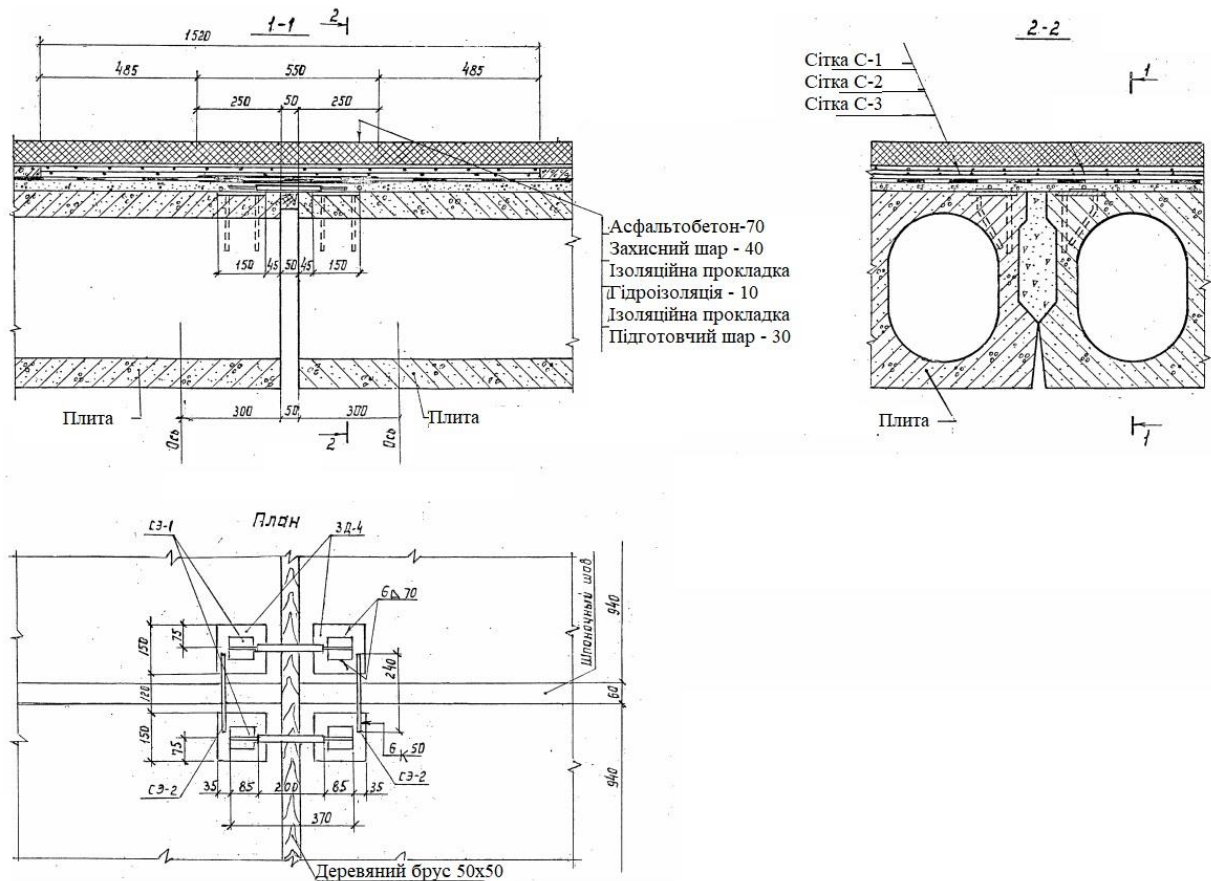


Рисунок 5.6 – Схема влаштування типової мостової плити П 18-10 на мостовій опорі [4].

Устої мостової конструкції, як відмічено вище, знаходяться в робочому стані, тому підготовка їх полягає в зачищенні від старих плит перекриття та підготовці зв'язної арматури для з'єднання.

### 5.3 Розрахунок кількості матеріалів та видів робіт для реконструкції мосту. Визначення їх вартості

Опис руйнувань мосту на р. Наумиха наведений в розділі 2. Перелік необхідних матеріалів для реконструкції та видів робіт сформований за умови вибору типової конструкції мосту на р. Наумиха, дослідженого характеру руйнувань мосту.

До переліку матеріалів для реконструкції входять: мостові устої або опори, плити перекриття стандартні, плити перехідні для з'єднання прольотної частини з автодорогою, комплекс матеріалів для дорожнього покриття, для мостового прольоту поверх плит перекриття, для автодорожного полотна біля мосту. До переліку робіт входить і ліквідація ушкоджених конструкцій автодороги та мосту .

Кількісні значення матеріалів обчислені за розмірами моста (за результатами інженерно-вишукувальних робіт, див. рис.2.4), класу автомобільної дороги на класу відповідальності мосту (дорога має клас IV. - відповідає категорії за призначенням – місцева дорога).

Визначені об'єми необхідних матеріалів та робіт зведені в табл. 5.1.

Вартість залізобетонних виробів визначена за прайсами з інтернет ресурсів виробників [ 4].

Враховуючи, що оцінка вартості представлена для передпроектної стадії , вартість матеріалів та будівельно-монтажних робіт з реконструкції визначена за укрупненими для водогосподарського будівництва нормами проектування [32].

Таким чином, на підставі розрахунку основних видів робіт та матеріалів з реконструкції мосту на р. Наумиха на територіальній дорозі Т0516 Костянтинівка-Іванопілля, на етапі розробки передпроектної документації , на стадії ТЕО (техніко-економічного обґрунтування) об'єкту реконструкції, визначена кошторисна вартість реконструкції, що склала 3,085 млн. грн.

Таблиця 5.1 – Матеріали для ремонту та вартість

<u>Найменування матеріалу</u>	<u>Маркіровка</u>	<u>Кількість, шт</u>	<u>Вартість, грн</u>	<u>Загальна вартість, тис. грн</u>	<u>Вартість монтажу, тис. грн</u>	<u>Загальна оціночна вартість</u>	<u>Джерело інформації</u>
<u>Мостова плита перекриття</u>	П 18-10	6	176530	1059,12	264,78	1323,9	<a href="https://prom.ua/ua/p1036738846-plity-mostovye-18100.html">https://prom.ua/ua/p1036738846-plity-mostovye-18100.html</a>
<u>Перехідна плита мостового устою</u>		2	25040	50	22,5	72,5	
<u>Відкривки мостового устою</u>	СТ-1	2	12000	24,04	4,808	28,8	<a href="https://ukfreewell.com.ua/gbi.html/podpomye-steny-s-pyatami.html/isa-30-podpornaya-stenka-detail.html">https://ukfreewell.com.ua/gbi.html/podpomye-steny-s-pyatami.html/isa-30-podpornaya-stenka-detail.html</a>
<u>Дорожнє полотно мосту (комплексне покриття), м.п.</u>		18	10050	180	126	306	<a href="https://interfax.com.ua/news/economic/707500.html">https://interfax.com.ua/news/economic/707500.html</a>
<u>Ліквідація наслідків руйнування мосу</u>						150	
<b><u>Всього</u></b>						<b>1881,25</b>	
<b><u>Загальна вартість реконструкції з накладними витратами</u></b>						<b>3085,25</b>	

#### 5.4 Правила безпеки праці при монтажу мостів

Безпека праці при монтажу мостів займає особливе місце в організації будівельного процесу. В роботі, окрім основних положень ДБН по охороні праці [19], представлений витяг з нормативних документів щодо цього питання, а саме:

«ДНАОП 6.1.00-1.03-98. Правила безпеки під час проведення робіт з будівництва мостів» [34];

«ДНАОП 0.00-1.03-93 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів»;

«ДНАОП 0.00-5.06-94 Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами»;

«ДНАОП 0.01-1.01-95 Правила пожежної безпеки в Україні»;  
та інших нормативні документи

Для невеликих мостів з категорією дороги не вище II, основними виробничими процесами, на які треба звернути увагу при організації безпеки праці є :

Організація будівельного майданчика і робочого місця;

Вантажно-розвантажувальні роботи;

Монтаж збірних конструкцій опор і прогінних будов мостів

Організація будівельного майданчика, ділянок робіт і робочих місць проводиться відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 і ДБН А.3.1-5-96.

Планування будівельного майданчика і пов'язані з ним питання зонування території будівництва розробляються у складі проекту виконання робіт.

Вказаними нормами висуваються такі вимоги : «на будівельних майданчиках в місцях проходження людей через котловани, канали (глибиною понад 1 м), на уступах, укосах і косогорах зі стрімкістю укосів більше 1:3 улаштовуються проходи та встановлюються драбини, на території будівельного майданчика встановлюються покажчики проїздів, проходів і переходів» [34]. Також обов'язковою вимогою розвішування попереджувальних знаків «...біля устаткування, машин, механізмів і на під'їзних рейкових коліях, автомобільних дорогах та інших небезпечних місцях вивішуються видимі, а в темний час доби – освітлені знаки безпеки ; регулювання руху на будівельних майданчиках здійснюється за допомогою дорожніх знаків за ДСТУ 2586-94» [34], та інші.

Вантажно-розвантажувальні роботи (ВРР) на будівельному майданчику виконуються відповідно до вимог цих Правил, ГОСТ 12.3.009-76\* і ДНАОП 0.00-1.03-93.

Відповідно до них основними моментами є: «дотримання технології робіт, послідовність операцій та узгодженість дій працівників, що забезпечують безпечність робіт, технологічних карт і інструкцій». Важливим є обов'язкова перевірка знань з безпеки праці, в нормативі відмічено, що «до виконання ВРР допускаються працівники, які пройшли перевірку знань безпечних методів виконання робіт, особливостей технологічного процесу, будови і безпечної експлуатації підйимально-транспортного обладнання; не допускається перебування людей і переміщення транспортних засобів у зоні можливого падіння вантажів під час навантаження і розвантаження», також додатково «стропування вантажів виконується відповідно до технологічних схем або проектів виконання робіт за допомогою вантажозахоплювальних пристроїв та у позначених на конструкції місцях» [34].

Вимоги до підйомно-транспортного обладнання визначені ГОСТ 12.2.003-91.

Перевезення залізобетонних конструкцій автомобільним транспортом повинно відбуватись з дотриманням вимог “Інструкції з перевезення великогабаритних і великовагових вантажів автомобільним транспортом”, де зокрема вказано: «розстропування елементів конструкцій, навантажених на транспорт, проводиться після закріплення елементів і перевірки їх стійкості. Не дозволяється підійматися на навантажені незакріплені конструкції» [34]. Додатково висувають вимоги до персоналу, зокрема «... водію та іншим особам не дозволяється знаходитися в кабіні автомобіля під час його навантаження і розвантаження; перед навантаженням (розвантаженням) монтажні петлі і стропувальні пристрої очистити від розчину чи бетону і зробити ретельний огляд; не допускати використання для стропування погнутих і сплющених петель» [34] та інші вимоги.

Розвантажування та складування вантажів у штабеля повинно виконуватись відповідно до ГОСТ 9238-83 і зокрема «перед розвантаженням під вагонні колеса установлюються гальмувальні башмаки; перевіряється стійкість вантажів на рухомому складі і визначається спосіб розвантаження; перед початком розвантаження керівник робіт зобов'язаний переконатися у відсутності людей в зоні переміщення вантажу» [34] та інші вимоги.

Переміщення вантажів ручним способом, відповідно до нормативних документів, проводиться з урахуванням таких умов: «переміщення, кантування важких штучних вантажів, ящиків з вантажами проводиться за допомогою ломів, домкратів, лебідок, котків» [34]. Вимоги до ручної роботи трактуються так «... перенесення працівниками балок, рейок, труб великого діаметра, бруса, колод та інших довгомірних матеріалів допускається за допомогою спеціальних пристроїв, а перенесення шпал, просочених креозотом, за допомогою шпалоносок. Підіймання таких габаритних вантажів на дозволену висоту проводиться тільки у контейнерах, також не дозволяється підіймання в ручну» [34].

Монтаж збірних конструкцій опор і прогінних будов мостів проводять відповідно до вимог, а саме: «перед виконанням найбільш складних і відповідальних монтажних робіт, мостобудівним підрозділом розробляються спеціальні виробничі інструкції щодо порядку проведення цих робіт та інструкції з охорони праці» [34]. Для верхових робіт висувають вимоги віку працівників «...до самостійних верхолазних робіт (роботи, що виконуються на висоті більше 5 м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу допускаються особи не молодше вісімнадцяти років, які пройшли медичний огляд, мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і розряд – не нижче III» [34] та інші вимоги.

Особливу увагу приділяють монтажно-верхолазним роботам, зокрема вимога до взуття – воно повинне бути не слизьким.

Для проведення навісного монтажу над водою на ділянці обладнується рятувальний пост.

Також в ДНАОП 0.00-1.03-93 визначається порядок подачі умовних сигналів між монтажником і машиністом. Зокрема «монтаж блоків масою більше 25 т здійснюється з участю відповідального керівника монтажних робіт» [34].

Обов'язки відповідального керівника при проведенні монтажних робіт такі:

«ретельно оглянути надійність стропувальних улаштувань; перевірити правильність і надійність закріплення монтажного крана на цій стоянці; перевірити готовність до роботи кранівника (моториста лебідок крана), монтажників і сигнальників» [34].

Також в ДНАОП 0.00-1.03-93 [34] детально прописані вимоги до інструментів для монтажу, очищення конструкцій від бруду та підготовки їх до монтажу, влаштування захисних башмаків та загороджувальних конструкцій, зварювальним роботам, тощо.

## ВИСНОВКИ

1. Значне руйнування транспортної інфраструктури країни під час війни визначило актуальність теми магістерської роботи, що пов'язано з питаннями інженерних вишукувань, а саме гідрологічного обґрунтування для реконструкції мосту. В майбутньому це питання буде затребуване при підготовці проектів реконструкції та відновлення .

2. Компіляція матеріалів довідникових даних проведені компіляція та аналіз природно-кліматичних умов території дослідження. Засобами ГІС встановлені морфометричні характеристики водозбору річки Наумиха.

3. За матеріалами інженерно-геодезичних, інженерно-гідрологічних вишукувань ТОВ «Топогруп» представлена характеристика руйнувань на мосту асфодороги Т0516 Костянтинівка-Іванопілля.

4. Гідрологічне обґрунтування в роботі представлено питаннями: гідрологічної вивченості території дослідження, розрахунку максимальних витрат та об'ємів стоку водопілля та дощового паводку, описом льодових явищ. Визначені об'єми зарегульованості стоку річки Наумиха для досліджуваного водозбору.

5. Розраховані для досліджуваного водозбору основні гідрологічні характеристики максимального стоку в період високих вод, а саме витрати води і об'єми водопілля та дощового паводку. Зокрема перевірна максимальна середньодобова витрата весняної повені 1%-вої забезпеченості склала  $26 \text{ м}^3/\text{с}$ , а відповідна витрата дощового паводку -  $75 \text{ м}^3/\text{с}$ . Остання прийнята як вихідні дані для обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту.

6. Гідравлічними розрахунками встановлені рівні води в під мостом, на випадок пропуску максимальних витрат. Так максимальний перевірочний рівень води на р. Наумиха в створі мосту автомобільної дороги Т0516, при

проходженні максимальної витрати дощового паводку 1 % забезпеченості становить 81,95 м Балтійської системи висот. Це визначили конструкцію перекриття мосту.

7. Моделювання рівневого режиму показало, що вірогідність підтоплення підмостового прольоту незначна, або відсутній. Пропускна здатність русла в нижньому б'єфі вища за пропускну здатність мостового прольоту, тому ознак підтоплення немає. Коефіцієнт підтоплення за результатами розрахунку не буде меншим за  $\sigma_{\text{п}}=0,9$ .

Середні швидкості в підмостовому прольоті мосту на перевірочний розрахунковий випадок максимального стоку 1%-вої забезпеченості будуть в межах 2,6-2,7 м/с. Придонні швидкості досягнуть величини 2,2 м/с, що може привести до розмиву русла р. Наумиха в підмостовому прольоті. Тому, як заходи для збільшення стійкості, необхідно планувати закріплення бутовим камінням діаметру не менше 0,2-0,22 м.

8. Визначені об'єми необхідних матеріалів і конструкцій та види робіт для реконструкції мосту на р. Наумиха.

9. Визначена вартість реконструкції мосту для випадку розробки передпроектної документації, яка склала 3,1 млн.грн.

10. При підготовці картографічного матеріалів роботи використаний ГІС з відкритим кодом *QGIS*.

Вважаю, мету роботи досягнуто.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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
5. Альбом карт к СНиП 2.06.03-14-1983./ Днепропетровский гос. аграрный ун-т. Днепропетровск : ДГАУ, 1997. 38 с.
6. 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](https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf)
7. Атлас природних умов і природних ресурсів Української РСР. Гідрометеовидат, 1978. 183 с.
8. Большаков В.А. Справочник по гидравлике. Киев : Вища школа, 1984. 343с.
9. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ.: Віпол, 2000. 376 с.
10. Вишневський П.Ф. Зливи та зливовий стік. Київ, Наукова думка, 1964, 291 с.
11. 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](http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf)
12. Водний кодекс України / Верхована Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 16.11.2023).
13. Географічна енциклопедія України. В 3 т. / під. ред. О.М.Маринич. – Київ.: Укр. енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.

14. Гідротехнічні споруди : підручник / за ред. А.Ф. Дмитрієва. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 326 с.
15. Гідрохімія України: підручник / Л.М. Горєв, В.Г. Пелешенко, В.К. Хільчевський. Київ.: Вища школа, 1995. 307 с.
16. 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.).
17. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд, 2008. 72 с
18. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації для будівництва .Київ: Мінрегіон України, 2014. 33 с.
19. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2012. 94 с.
20. 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](https://dnaop.com/html/29894/doc-ДБН_В.2.4-3_2010) (звернення 25.09.2018).
21. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 102 с.
22. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Том II. Українська РСР.
23. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина III. Вітер. Гідрометеоіздат, 1967. 699 с.
24. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина V. Хмарність і атмосферні явища. Гідрометеоіздат, 1969. 644 с.
25. ДСТУ 3008–2015. Державний стандарт України. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 2015. 37с.

26. Карта ґрунтів України. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/yanvar-2014-god/kartoteka-agrariya-karta-g-runtiv-ukrayini/>
27. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений : уч.пос. Киев: Высшая школа, 1987. 253 с.
28. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Липінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
29. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям : учебник / под. ред. В.С. Лапшенкова. Агропромиздат, 1989. 448 с.
30. Литовченко А.Ф. Инженерная гидрология и регулирование стока: учебное пособие . Днепропетровск: ДДАУ, 1993.
31. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
32. 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>
33. План управління річковим басейном Дніпра. Суббасейн Нижнього Дніпра. URL: [https://www.davr.gov.ua/fls18/lowerdnipro\\_summary\\_23072020.pdf](https://www.davr.gov.ua/fls18/lowerdnipro_summary_23072020.pdf)
34. ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА МОСТІВ. URL: <https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2015/02/npaop-45.21-1.03-98u.doc>
35. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока// Под. ред. Е.Е. Овчарова. Агропромиздат, 1988. 224 с.
36. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. О. І. Лук'янець та інш., /Український географічний журнал, №1, 2021. С.6-14. URL: <https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-1-2021-06-14.pdf>
37. Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>).

38. Результати інженерно-гідрологічні вишукування на об'єкті «Міст на км 0+250 автомобільної дороги територіального користування місцевого значення Т0516 Костянтинівка - Іванопілля». Дніпро, ТОВ «ТОПОГРУП», 2022. 39 с.
39. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья / под ред. М.С. Каганера.: Гидрометеиздат, 495 с.
40. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
41. Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. Київ : Вища школа, 1984. 344 с.
42. Технічний звіт про інженерно-гідрологічні вишукування на об'єкті: «Розробка проектної документації по реконструкції автомобільної дороги загального користування територіального значення Т-05-16 , на ділянці км 2+140».ТОВ «ТОПОГРУП», 2021.
43. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. А.М.Маринича. Киев: Издат. Киевского ун-та, 1968. 684 с.
44. Цифрова модель рельєфу USGS [Роздільна здатність : 30 м]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

## ДОДАТКИ

## Додаток А

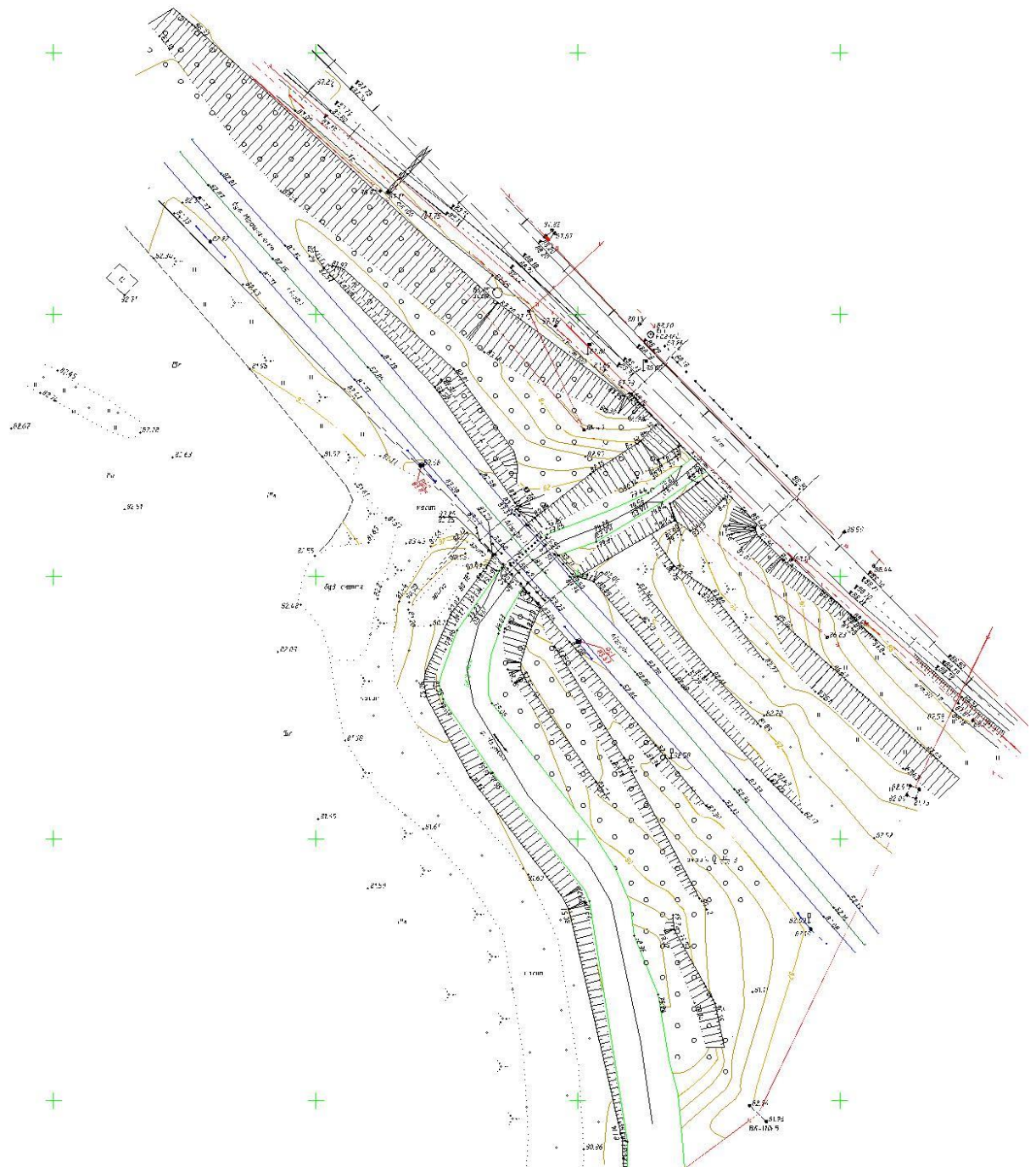


Рисунок А.1 – Результати інженерно-геодезичних вишукувань ділянки реконструкції мосту на р. Наумиха [42]

Таблиця Б.3- Розрахунки максимальних витрат весняної повені для водозбору  
р. Наумиха\*

№ створу (№ ставка)	Значення	
Площа водного дзеркала при НПУ	га	-
Площа басейну $F$ ,	км <sup>2</sup>	169,3
Довжина водотоку $L$ ,	км	24,75
Падіння ріки $H$ ,	м	139
Інтенсивність водовіддачі $a_m$ , (табл.81)	мм/год	4,3
Коефіцієнт форми та шорсткості русла $a$ , (табл. 85)	км/добу	5
Швидкість добігання хвилі повені $v=aH^{1/3}$	км/добу	25,9
Тривалість добігання хвилі повені $t=L/v$ ,	дiб	0,96
Тривалість водовіддачі від сніготанення $t_c$ , (рис. 49)(рис.45)	дiб	4,10
Співвідношення $n=t/t_c$ ,		0,23
Коефіцієнт редукації: - $j=(0,28+0,07n)/(1+2n)$ 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 $t<1$		-
		0,58
		0,243781
Площа лісів в басейні $f_l$ ,	км <sup>2</sup>	2,41
Площа боліт в басейні $f_b$ ,	км <sup>2</sup>	3
Коефіцієнт складу лісів $a$ ,		0,85
Коефіцієнт підвищення часу водовіддачі за рахунок залісеності та заболоченості $m=1+af_l/F+f_b/F$		1,03
Умовний час початку віддачі стоку: - у витoku ріки $T_u$ , (рис. 50)	дiб	3,4
- в розрахунковому створі ріки $T_c$ , (рис. 50)	дiб	3,5
Тривалість неодночасності віддачі стоку $t_n=T_u-T_c$ ,	дiб	-0,1
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності сніготанення $r=(t_c+t)/(mt_c+t+t_n)$		1,00
Регулюючий об'єм водосховища $W_1$ ,	млн. м <sup>3</sup>	2,7
Водозбірна площа водосховища $f_1$ ,	км <sup>2</sup>	150
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_1=0,001h_{p1\%}f_1$ ,	млн. м <sup>3</sup>	18,8
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r_1=1-(W_1/S_1)[1-(1-f_1/F)^{0,75}]$		0,88
Регулюючий об'єм водосховища $W_2$ ,	млн. м <sup>3</sup>	0,0001
Водозбірна площа водосховища $f_2$ ,	км <sup>2</sup>	0,0001
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_2=0,001h_{p1\%}f_2$ ,	млн. м <sup>3</sup>	0,000
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r_2=1-(W_2/S_2)[1-(1-f_2/F)^{0,75}]$		1,00
Сумарний коефіцієнт зарегулювання водосховищами, $r=r_1r_2$		0,88
Максимальна витрата $Q_{1\%}=0,28a_mjFr_1$ ,	1% м <sup>3</sup> /с	43,34
Забезпеченість, $P$ , %/модульний коефіцієнт, $l$ ,	3%	0,75
	5%	0,64
	10%	0,47
		20,37

## Продовження табл. Б.1

№ створу (№ ставка)			Значення
	25%	0,25	10,84
	0,5 %	1,19	51,57
<b>Максимальна середньодобова витрата <math>Q_{i\%}</math></b>	<b>5%</b>	<b><math>m^3/c</math></b>	16,31
<b>Максимальна середньодобова трансформована витрата <math>Q_{i\%}</math></b>	<b>5%</b>	<b><math>m^3/c</math></b>	12,27
Шар стоку повені 1 % забезпеченості $h_{p1\%}$ , (рис.48)		<i>мм</i>	125
Об'єм стоку повені $W_{1\%}=0,001h_{p1\%}F$ ,	1%	<i>млн. м<sup>3</sup></i>	18,463
Забезпеченість, Р, %/модульний коефіцієнт, І,	3%	0,73	13,478
табл.77	5%	0,59	10,893
	10%	0,37	6,831
	25%	0,16	2,954
	0,5 %	1,18	21,786

\* - жовтим кольором виділені вихідні дані, які визначені з довідникових джерел та на основі моделювання водозбору в QGIS.

Таблиця Б.6- Розрахунки максимальних витрат дощового паводку в басейні річки\*

Найменування показників		Наумиха	
№ наближення		1-ше	2-ге
Площа басейну $F$ ,	$км^2$	169,3	
Довжина водотоку $L$ ,	$км$	24,8	
Падіння ріки $H$ ,	$м$	139	
відмітка витоку	$м$	225	
відмітка горизонту води в розрахунковому створі	$м$	86	
середньозважений похил річки, $i_b$	$проміль$	5,62	
Витрата 1%-ої забезпеченості за аналогом (табл. 87-за площею)	$м^3/сек$	250	
Розрахована (ф-ла 41) витрата 1%-ої забезпеченості для розрахункового створу: перше та друге наближення		91,7	128,3
Максимальна водовіддача дощового стоку 1%-ої забезпеченості $hm$ (рис.59-з карти)	$мм/10хв$	5,5	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки (за аналогом) (табл.90)	$км/добу$	48,1	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки розрахована (ф-ла 44)	$км/добу$		71,47
- тривалість водовіддачі макс. Зливового стоку $t_c$	$год$	2,00	2,00
- співвідношення $nI = \square/t_c$ ; $t_c=2 год$		6,17	4,16
- Тривалість добігання хвилі повені $\square=24L/v$ , (ф-ла 43)	$годин$	12,35	8,31
Коефіцієнт редукції: - $\square=(2,26)/(1+6,3nI)$ при $n<1$ ; - $\square=0,626/(1+1,02nI)$ при $n>1$ ;		0,086	0,119
Площа лісів в басейні $f_l$ ,	$км^2$	2,41	
Площа боліт та заболочених заплав в басейні $f_b$ ,	$км^2$	3	
Коефіцієнт складу лісів $\square$ ,		0,85	
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості $n$ (ф-ла 47)		0,996	1
- Коефіцієнт $m$ (ф-ла 48)		1,030	1
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F<60 км^2$ (ф-ла 54)		49,0	49,0
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F>60 км^2$ (ф-ла 56)		40,3	40,3
Складові шару стоку: $\square$		1	1
$\square 1$		1	1

## Продовження табл. Б.2

Найменування показників			Наумиха
- сумарна площа ставків та водосховищ (QGIS)		га	136
Висота регулюючого шару в ставках Н, (Прийнятий 50% форсованого напору)		м	0,5
Співвідношення площі широкої заболоченої заплави до площі водозбору (QGIS)		%	1,772
Коеф. r, для врахування регулюючого впливу ставків та водосховищ (ф-ла 49)			0,900
Коеф. r1, для врахування регулюючого впливу заболоченої заплави (ф-ла 52)			0,767
Регулюючий об'єм водосховища $W_1$ , (рекомендовано приймати половину можливого шару спрацювання)		млн. м <sup>3</sup>	2,70
Регулюючий об'єм водосховища $W_2$ ,		млн. м <sup>3</sup>	0
Водозбірна площа водосховища до розрахункового створу F,		км <sup>2</sup>	169,3
Попередньо прийнятий Шар стоку 1%-ої (табл.87 для аналога)		мм	31,0
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищами та ставками, r2,			0,743
Максимальна витрата $Q_{i\%}$	1%	м <sup>3</sup> /с	128,3
Забезпеченість, Р, %/модульний коефіцієнт, $\lambda$ , (табл.93)	3%	0,70	89,8
	5%	0,60	77,0
	10%	0,43	55,2
	25%	0,25	32,1
	0,5 %	1,17	150,1
Шар стоку дощового паводку 1 % забезпеченості $h_{p1\%}$ ,		мм	40,3
Об'єм стоку повені $W_{1\%}=12000hmFr_2$ , (ф-ла 55)	1%	млн. м <sup>3</sup>	8,3
Забезпеченість, Р, %/модульний коефіцієнт, $\lambda$ ,	3%	0,7	5,8
	5%	0,60	5,0
	10%	0,43	3,6
	25%	0,25	2,1
	0,5 %	1,17	9,7

\* - зеленим кольором виділені вихідні дані, які визначені з довідникових джерел та на основі моделювання водозбору в QGIS.