

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 «Обґрунтування гідрологічних  
характеристик р. Гуйва для реконструкції мосту біля  
м. Андрушівка Житомирської області»

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

Віталій ТЕРЕЩЕНКО

\_\_\_\_\_  
(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  
Терещенко Віталію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Обґрунтування гідрологічних  
характеристик р. Гуйва для реконструкції мосту біля  
м. Андрушівка Житомирської 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 Гуйва . Довідникові матеріали про гідрологічну і вивченість території дослідження та її кліматичної характеристики. Матеріали ПС-порталів та технологій для візуалізації дослідження та обробки даних ДЗЗ (EOS, <https://eos.com/landviewer/>).

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ. 1. Природно-кліматичні умови території проектування; 2. Гідрологічна вивченість території 3. Обґрунтування гідрологічних характеристик в створі мосту р. Гуйва. 4. Розрахунок пропуску надзвичайних витрат в створі мостового прольоту. 5. Заходи з реконструкції мосту.. 6 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього. 7. 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. Природно-кліматичні умови на території проектування;	09.2023 р.	
2	Гідрологічна вивченість території,	10.2023 р.	
3	<u>Обґрунтування гідрологічних характеристик в створі мосту р. Гуйва.</u>	11.2023 р.	
4	Розрахунок пропуску надзвичайних витрат в створі мостового прольоту	11.2023 р.	
5	<u>Заходи з реконструкції мосту</u>	11.2023 р.	
6	<u>Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього</u>	11.2023р.	
7	Охорона праці при експлуатації гідротехнічних споруд та безпека в надзвичайних ситуаціях	05.12.2023 р.	
8	Висновки. Креслення. Презентація в PowerPoint та QGIS	10.12.2023 р.	
9	Поточний контроль виконання ДП за планом	05.12.2023р.	
10	Передзахист ДП на кафедрі	15.12.2023 р.	
11	Представлення ДП на рецензію	18.12.2023 р.	

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

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

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 71 сторінок, 8 таблиць, 35 рисунків. Список літератури складає 51 джерело інформації.

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

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту мосту через р. Гуйва та забезпечення відповідності конструктивних розмірів мосту вимогам пропуску максимальних витрат.

Метою роботи: виконати гідрологічне та гідравлічне обґрунтування параметрів максимального стоку для обґрунтування мінімальних розмірів прольотної частини мосту автомобільної дороги О 060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці на р. Гуйва.

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 .....	10
1.1 Коротка кліматична характеристика для території басейну р. Гуйва .	10
1.2 Рельєф та морфологічні особливості водозбору річки Гуйва .....	11
1.3 Геологічні та гідрологічні умови району досліджень .....	13
1.4 Ґрунти на водозборі р. Гуйва .....	15
2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ р. ГУЙВА .....	17
2.1 Загальна характеристика мосту через річку Гуйва.....	17
2.2 Гідрологічна характеристика р. Гуйва.....	20
2.3. Водозбірний басейн .....	21
2.4. Гідрографічна мережа об'єкту дослідження.....	24
2.5 Зарегульованість стоку в басейні р. Гуйва .....	28
2.6. Льодові явища .....	29
3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ ГУЙВИ.....	31
3.1 Розрахунок річного стоку річки Гуйва та його внутрішньорічний розподіл .....	31
3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняного водопілля р.Гуйва в створі мосту .....	32
3.3 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку дощового паводку р. Гуйва для розрахункового створу .....	34
3.4 Трансформація максимального стоку ставками та водосховищами ...	37

4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТУ НА РІЧЦІ ГУЙВА.....	39
5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ ГУЙВА .....	48
5.1 Оцінка технічного стану мосту та проектні заходи з реконструкції .	48
5.2 Визначення об'ємів матеріалів та робіт для відновлення мосту та їх вартість .....	54
5.3 Правила безпеки праці при проведенні ремонтних робіт мостових конструкцій.....	56
5.4 Вимоги до встановлення меж водоохоронних зон та прибережних захисних смуг та заходи щодо режиму господарської діяльності на прибережних ділянках водних об'єктів.....	57
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	64
ДОДАТКИ.....	69

## ВСТУП

Велика кількість мостів в Україні побудована ще за «радянських» часів. Технічний стан таких об'єктів, як мінімум, потребує ретельного моніторингу та прийняття управлінських рішень щодо реконструкції чи нового будівництва. Не виключенням є і міст через річку Гуйва в м. Андрушівка, Житомирської області.

В 2021 р. за ініціативи Голови Андрушівської громади, Галини Білецької, розпочали вивчати можливості будівництва мосту в Андрушівці через річку Гуйва. В планах роботи Богдана Кицака, народного депутата України від Андрушівського округу, була ініціатива щодо включення даного об'єкту – міст через річку Гуйва по вул. Ломоносова, у «Велике будівництво» на 2022 р. [9]. В листопаді 2021 р. виконані відповідні проектно-вишукувальні роботи ТОВ «Топогруп» (м. Дніпро), результати яких послужили вихідними даними до розробки даної роботи. Проте війна внесла свої корективи, на даний час ремонтних чи будівельних робіт по об'єкту не проводять.

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. Знання та вміння до виконання цих вишукувань є програмними результатами навчання за вибраною мною спеціальністю [39], де зокрема відмічено: «РН01. Проектувати гідромеліоративні системи і гідротехнічні споруди, в тому числі з використанням програмних систем комп'ютерного проектування, з метою забезпечення їх надійності та довговічності, прийняття раціональних проектних та технічних рішень, техніко-економічного обґрунтування, враховуючи особливості об'єкта будівництва, визначення оптимального режиму його функціонування та

впровадження заходів з ресурсо- та енергозбереження. РН06. Застосовувати сучасні математичні методи для аналізу статистичних даних, розрахунку та оптимізації параметрів проектування та технологічних процесів зведення меліоративних систем та гідротехнічних споруд» та інші..

Тому вважаю, що тема обґрунтування гідрологічних характеристик для реконструкції мостів є актуальною.

Мета даної роботи: виконати гідрологічне та гідравлічне обґрунтування параметрів максимального стоку для обґрунтування мінімальних розмірів прольотної частини мосту автомобільної дороги О 060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці на р. Гуйва.

Об'єктом дослідження в роботі є режим формування максимальних витрат та об'ємів стоку на водозборі річки Гуйва.

Предметом дослідження є обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту мосту через р. Гуйва та забезпечення відповідності конструктивних розмірів мосту вимогам пропуску максимальних витрат.

В якості вихідних даних, окрім результатів інженерних вишукувань ТОВ «Топогруп» [48] які виконані в 2021 р., використані картографічні сервіси Google Earth [1], ESRI World Imagery, цифрова модель рельєфу USGS [50], довідникові дані по гідрологічній вивченості території дослідження [11, 17, 45].

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

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

Виконати гідрологічні та водогосподарські розрахунки максимального стоку повені та дощового паводку для водозбору р. Гуйва в розрахунковому створі;

Провести гідравлічні розрахунки русла річки на випадок високих вод та обґрунтувати пропускну здатність мостового прольоту на р. Гуйва та інш.



В роботі використані вище названі картографічні сервіси, програмне забезпечення Microsoft Word, Microsoft Excel, QGIS – ГІС з відкритим кодом, а також власні програмні розробки керівника магістерської роботи по визначенню гідрологічних характеристик водотоку та виконанню гідротехнічних розрахунків в Microsoft Excel.

## 1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Річка Гуйва є правою притокою Тетерева, що в свою чергу впадає в Дніпро. Річка протікає в межах «Північно-Східної Придніпровської височинної області, Подільсько-Придніпровського краю Лісостепової зони України» [14]. Весь водозбір річки Гуйва розташований в Житомирській області.

### 1.1 Коротка кліматична характеристика для території басейну р. Гуйва

Кліматична характеристика описана за даними метеостанцій Тетерів, Козятин та Фастів.

Кліматичні умови на території дослідження «можна характеризувати як помірно-континентальні. Тут, як правило, жарке засушливе літо. Зима доволі холодна, проте з нестійким сніговим покривом» [29**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. «Річні перепади середньомісячних температур сягають 30-34 °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» [14].

За даними метеостанції Козятин «середня температура січня - 3° , липня - +21,8°. Зміни клімату спричинили зміну температурного режиму, 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 140 – 160 днів» [29**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Опади «в середньому за рік для Подільськопридніпровської височинної області випадає до 600 мм» [29]. Більша частина з них – дощі (складають більше 75%). За даними спостережень за сніговим покривом на вказаних метеостанціях, його висота в середньому незначна - до 15–22 см. Запаси води в них до 10 см.

У сніжні зими спостерігаються в рази більші запаси снігу – до 60 см. Вони є першопричиною надзвичайних ситуацій у водному режимі річки Гуйва.

Формування дощових паводків високої забезпеченості в останні роки стає звичним явищем. Таким був 2020 рік, коли катастрофічних паводок в Прикарпатському регіоні та на Поділлі теж відгукнувся небезпечними проявами шкідливої дії води в на Житомирщині.

Водний режим річки Гуйва, як наслідок природно-кліматичних факторів детально розглянутий в розділі 3.

## **1.2 Рельєф та морфологічні особливості водозбору річки Гуйва**

Рельєф водозбору р. Гуйва характерний для рівнинної території Лісостепу України. він є результатом багаторічного геологічного розвитку, гідрогеологічних процесів та змін клімату.

Для водозбору рельєф побудований на основі цифрової моделі місцевості (ЦМП) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [50]. SRTM - розробка NASA, за допомогою радарної топографічної зйомки виконана задача - створити цифрову модель висот Землі. Проект реалізований в 2005 р.

У ГІС з відкритим кодом QGIS побудований рельєф водозбору р. Гуйва, який представлений на рис.1.1.

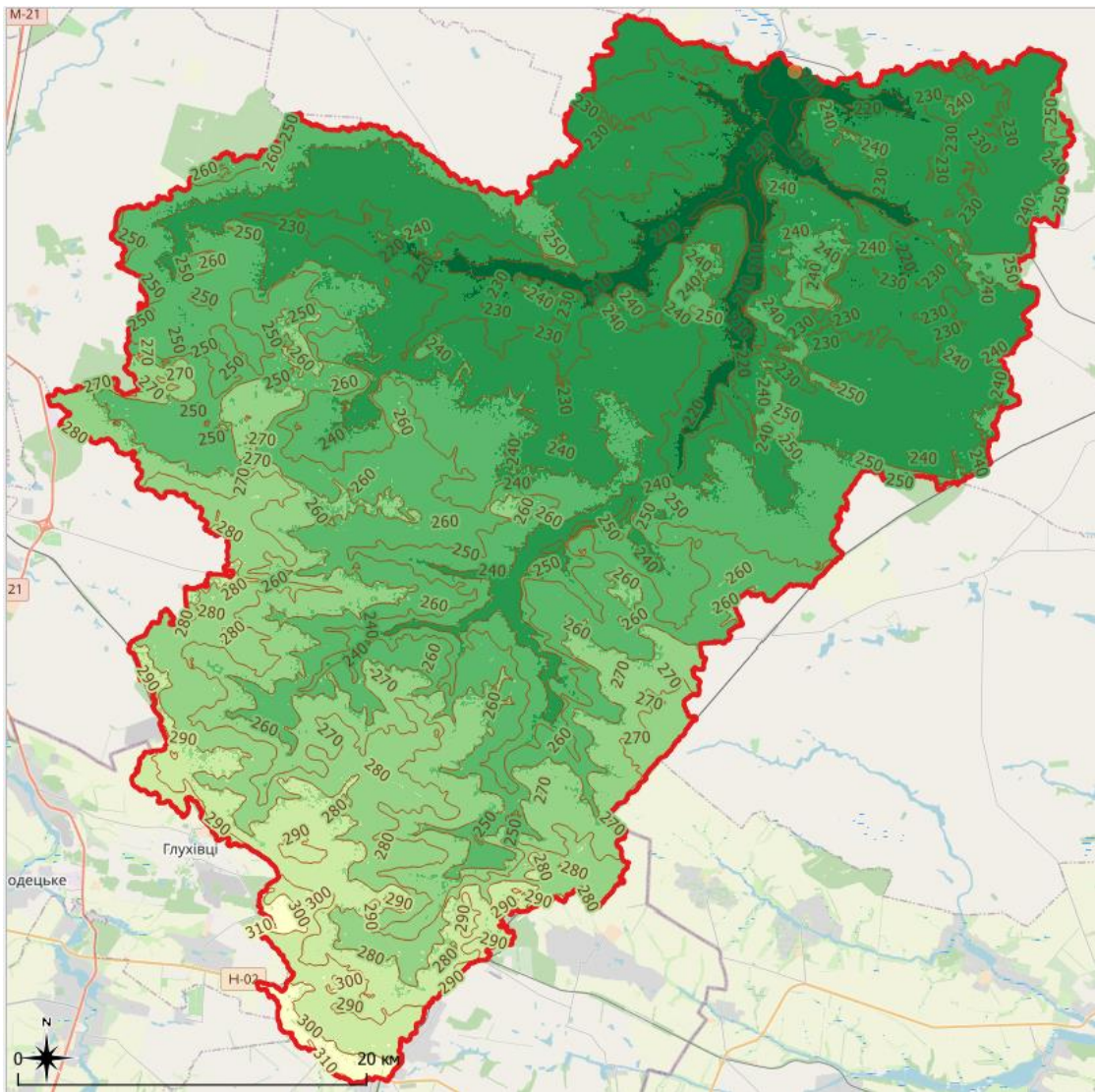


Рисунок 1.1 – Рельєф водозбору р. Гуйва (QGIS)

За «геоморфологічним районуванням басейн річки Гуйва відносять до Придніпровсько-приазовська область пластово-денудаційних цокольних височин та низовин, Північнопридніпровська пластово-денудаційна рівнина на палеогенових і неогенових відкладах» [14]. «Морфологічні риси рельєфу визначаються гідрогеологічними процесами та геологічною будовою зони аерації» [46].

Поперечний профіль перпендикулярно річищу основної річки (рис.1.2) типовий для пересічених території Північнопридніпровської рівнини, характерні зломи рельєфу при переході від плакорних ділянок до помірно змитих схилів. Величина врізу річкової долини в нижній частині водозбору

досягає 20-35 м, що створює помірні умови склонового добігання та розтягує в часі гідрографи високих вод.

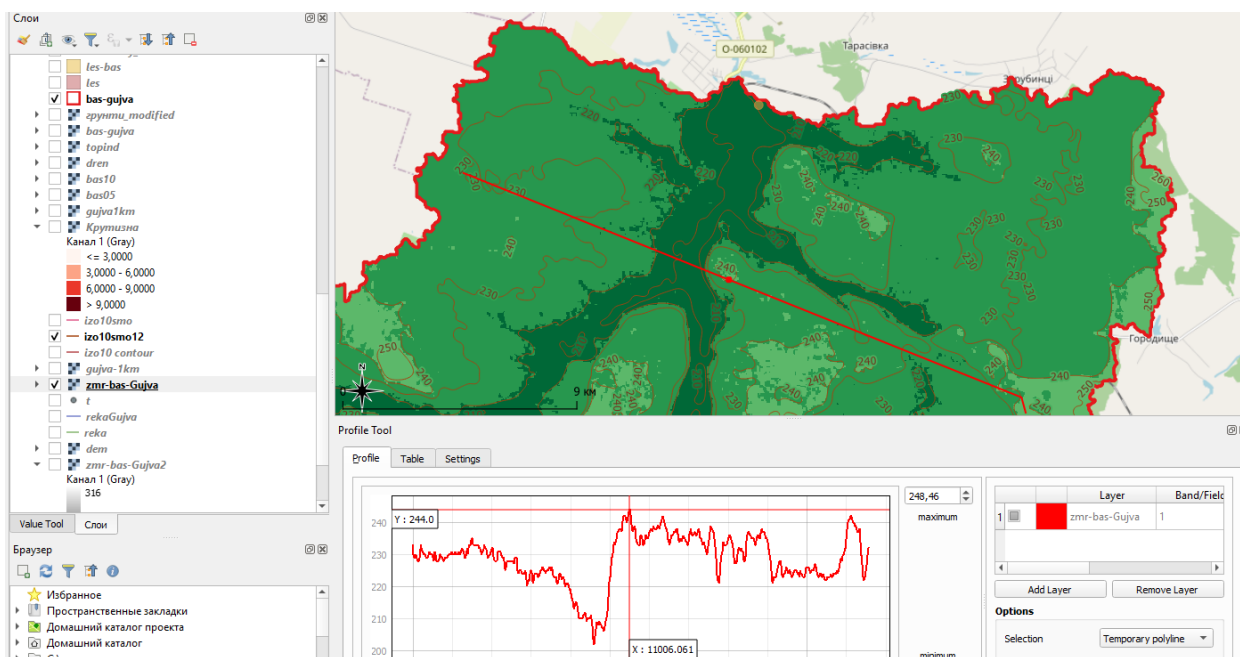


Рисунок 1.2 – Профіль по ширині водозбору р. Гуйва в нижній її частині (QGIS, червона пряма лінія)

Максимальні відмітки складають 320 м БС, мінімальна відмітка в створі мосту 204,5 м. Низька розчленованість рельєфу, що сформувало помірну густоту яружно-балочної мережі. Остання становить трохи менше 2 км/км<sup>2</sup>.

Залісеність водозбору значна, лісів 101 км<sup>2</sup>. Заплава частково заболочена повсюдно, але ширина заболоченої заплави невелика, 100-200 м, лише подекуди, як в нижньому б'єфі річки Гуйва від мосту – 700-1000 м. Загальна площа боліт перевищує 20 км<sup>2</sup>.

Крутизна схилів балок невелика, сягає 12°. Середньовиважений похил для водозбору р. Гуйва, відповідно до моделювання в ГІС, складає 1,35 процента (QGIS, рис.2.6).

### 1.3 Геологічні та гідрогеологічні умови району досліджень

За «гідрогеологічним районуванням басейн р. Гуйва розташована в Північнопридніпровському гідрогеологічному районі» [46], рисунок 1.3.



Рисунок 1.3 – Ландшафтні та гідрогеологічні комплекси на водозборі р. Гуйва [46], водозбір річки виділений жовтим кольором

Геологія Північнопридніпровського гідрогеологічного району «визначається характерним високим гіпсометричним заляганням кристалічного фундаменту, всього 10-20 м над денною поверхнею. На кристалічних породах залягають осадочні утворення мезозойського і кайнозойського періодів. Четвертинні відклади мають суцільне поширення, лише відсутні в місцях виходу на денну поверхню дочетвертинних утворень. Відклади заплав, терас річок і днищ балок алювіальними, озерно-алювіальними і моренними піщано-суглинковими утвореннями, а схили суходолу – еоловими, елювіальними та еолово-делювіальними лесовими суглинками. Потужність четвертинних відкладів невелика: 2-25 м» [46].

У геоморфологічному відношенні «територія досліджуваного району представляє собою ділянку Козятинської структурно-денудаційної височини на неогеновому та докембрійському фундаменті. Тут спостерігається підняття

кристалічного щита, який знаходиться в максимальних відмітках його поверхні і є своєрідним гідрографічним вузлом від якого річки ростікаються. Тут бере початок Гуйва. Сукупність геологічних, геоморфологічних, кліматичних та інших факторів визначають сприятливі умови накопичення підземних вод в осадочних і кристалічних породах. Водоносні горизонти знаходяться в тріщинуватих кристалічних породах докембрію, піщаних відкладах крейдового, палеогенового, неогенового та четвертинного віків. Тут формуються слабомінералізовані води переважно гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу» [46].

Грунтові води «залягають у четвертинних, неогенових відкладах впритул до обводненої зони тріщинуватих порід. Зона аерації ґрунтових вод представлена пісками, на вододілах – лесами і лесовидними суглинками. Першими водотривами є бурі строкаті глини неогену, сарматські глини, мергелясто-глинисті відклади київської світи, породи кори вивітрювання» [46].

Глибина залягання ґрунтових вод від 1 м в заплавах до 15 м на терасах. «Грунтові води широко взаємозв'язані за відсутності водотривів. Добовий відбір з колодязів до 3 м<sup>3</sup>. Витрати джерел, які є на схилах річкових долин і днищах балок до 0,1л/с. За хімічним складом ґрунтові води гідрокарбонатно-магнієві, гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, мінералізація 0,4-0,8 г/л. Жорсткість змінюється від 4,6 до 12 мгю-ека., рН 6,8-7,8» [46].

#### **1.4 Ґрунти на водозборі р. Гуйва**

**Ґрунти** басейну р. Гуйва дуже різноманітні, що характерно для Лісостепу та зони Полісся України [44] (рис.1.5). Переважно це: 2 - Дерново-слабо-і середньопідзолиті піщані та глинисто-піщані ґрунти; 19 – темно сірі опідзолені ґрунти; 20 – Чорноземи опідзолені; 23 – Темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти; 34 – Чорноземи неглибокі малогумусні; 40 – Чорноземи





## 2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ Р. ГУЙВА

### 2.1 Загальна характеристика мосту через річку Гуйва

Задача надати розширену гідрологічну характеристику р. Гуйва пов'язана з будівництвом транспортної розв'язки на обласній автомобільній дорозі О-060102 в північній частині м. Андрушівка Житомирської області на км 1+470 в передбачає будівництво мосту через р. Гуйву, праву притоку р. Тетерів протоку, на відстані 63 км від гирла річки. Координати мосту -  $50^{\circ}02'19.8''$  ПнШ і  $29^{\circ}01'53.0''$  СхД. (рис.2.1).



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

Рішення про будівництво мосту прийняте в 2021 р. Проведені інженерні вишукування для розробки проектно-кошторисної документації [48], одним з результатів яких є план в горизонталях (додаток А), витяг з якого представлений на рис. 2.2.

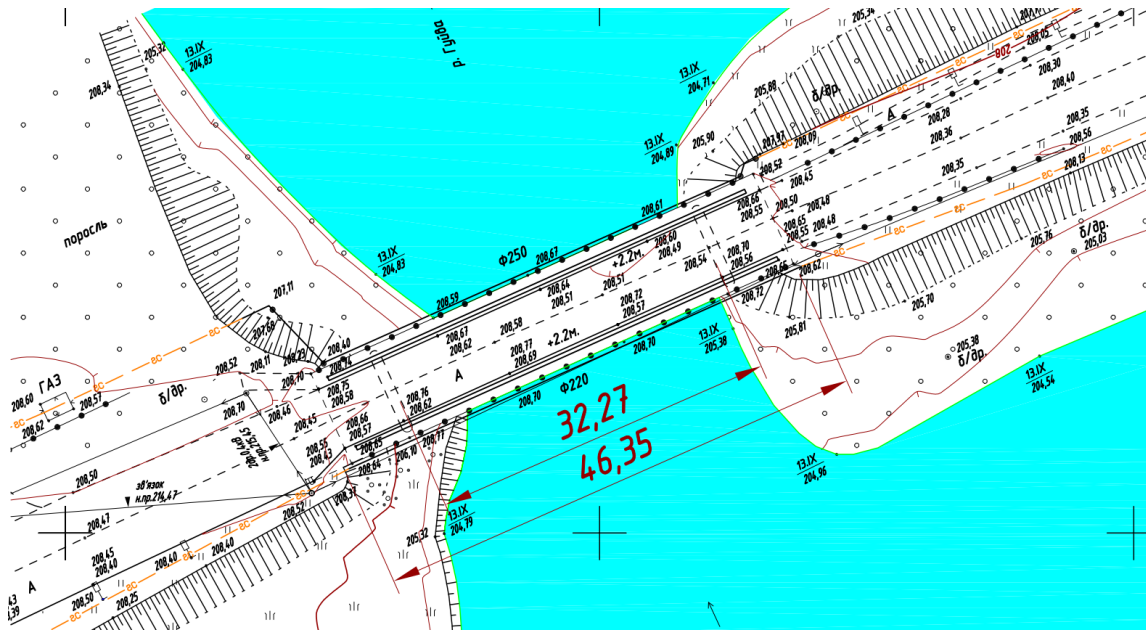


Рисунок 2.2 – План мосту в горизонталях [48]

Міст побудований в 1958 р., за конструкцією – рамна металева конструкція (рис.2.3). Значно зносився, за оцінками знаходиться в перед-аварійному стані. Фото запозичені із соцмереж [9] і наведені на рис. 2.4 та 2.5.

Довжина прольотної частини мосту становить 46 м, довжина рамної конструкції – 32 м.

Відмітка проїжджої частини (в середньому) за результатами інженерно-геодезичних вишукувань становить 208,5 мБС.

Відмітка робочого рівня урізу води на річці Гуйва під час проведення вишукувальних робіт (13.11.2021 р.) становить 204,7 мБС.



Рисунок 2.3 – Вид на місту зі сторони нижнього б'єфу [9]



Рисунок 2.4 – Фотоплани мосту [9]

## 2.2 Гідрологічна характеристика р. Гуйва

Річка Гуйва протікає у межах Козятинського району Вінницької області та Бердичівського, Андрушівського і Житомирського районів Житомирської області.

В роботі Лозовіцького П.С. [35] показано особливості водного режиму річки Гуйва в період 1938–2010 рр., наведено результати хім. складу й мінералізації води на за цей період. Витяг та аналіз результатів з цієї роботи наведений в додатку В.

Бере початок Гуйва у селі Садки на півночі Вінницької області. Тече в верхній частині на північний схід, у середній частині течії тече на північ, у нижній частині течії (починаючи від м. Андрушівки) тече на північний захід. Впадає в річку Тетерів біля Житомира.

Витрата води річки біля села Городківка дорівнює  $0,59 \text{ м}^3/\text{с}$ . Біля сел. Піски середня витрата  $2,9 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Об'єм стоку річки Гуйва дорівнює, в середньому, 20 млн.  $\text{м}^3$  біля Городківки у Пісках – 93 млн.  $\text{м}^3$ . Модуль стоку у Городківці дорівнює, в середньому,  $3 \text{ л/с км}^2$ . У Пісках -  $2,2 \text{ л/с км}^2$ .

Лозовицьким також досліджений режим твердого стоку. Середня мутність Гуйви  $32 \text{ г/м}^3$ .

За фізико-географічним районуванням територія водозбору р. Гуйва (рис.1) розташована «у Лісостеповій зоні, у Дністровсько-Дніпровській Лісостеповій провінції» [36].

Водозбір р. Гуйва відноситься до басейну Дніпра (р. Тетерів впадає в Київське водосховище. Відмітка витоку – 297 м БС, гирла - 188 м БС, в розрахунковому створі мосту – 204,8 м.

Площа басейну до розрахункового створу мосту в м. Андрушівка -  $806,8 \text{ км}^2$  (див. рис. 2.6). В розрахунках максимальних витрат прийнята вся площа водозбору до розрахункового створу.



Рисунок 2.6 – Басейн р. Гуйва до розрахункового створу та водні об'єкти на ньому (QGIS)

Гідрологічна вивченість регіону достатня. Водомірні пости (нині не діючі) існували в с. Городківка (площа басейну 312 км<sup>2</sup>, та с. Прижев – 1440 км<sup>2</sup>. Нижче представлена інформація щодо гідрологічних характеристик р. Гуйва саме за цими водпостами.

### 2.3. Водозбірний басейн

Основні характеристики водозбірного басейну це площу водозбору, довжина водозбору, середньовиважений похил річки та схилів водозбору, інші [33].

Площа басейну р. Гуйва до створу предмету дослідження – мосту в м. Андрушівка (див. рис.2.6) складає 806,8 км<sup>2</sup>.

Рельєф басейну річки Гуйва «типовий для Придніпровської височини» [14], глибина ерозійного врізу річки незначна, досягає 30-35 м. Найвищі відмітки розташовані по водороздільній лінії – 300-305 м БС, найменші, що звичайно, в розрахунковому замикаючому створі – 205 м. Експозиція схилів, а відповідно похил території басейну з півдня на північ. Басейн має в плані трикутну форму. Довжина басейну 41 км, середня ширина – 19,8 км, найбільша – 27 км.

Лісів і лісосмуг в басейні близько 101,5 км<sup>2</sup>, лісистість 12,5 %. Болота практично відсутні, потенційно заболочені території затоплені створеними ставками різної площі та об'єму акумуляції на водозборі р. Гуйва, зокрема площею понад 10 га – 25 шт, 1-10 га – 54 шт, менше 1 га – 47 шт. Загальна площа дзеркала ставків на водозборі 9,96 км<sup>2</sup>.

Долина річки коритоподібна з шириною заплави 0,5-3 км (рис.2.7 та рис.2.8)

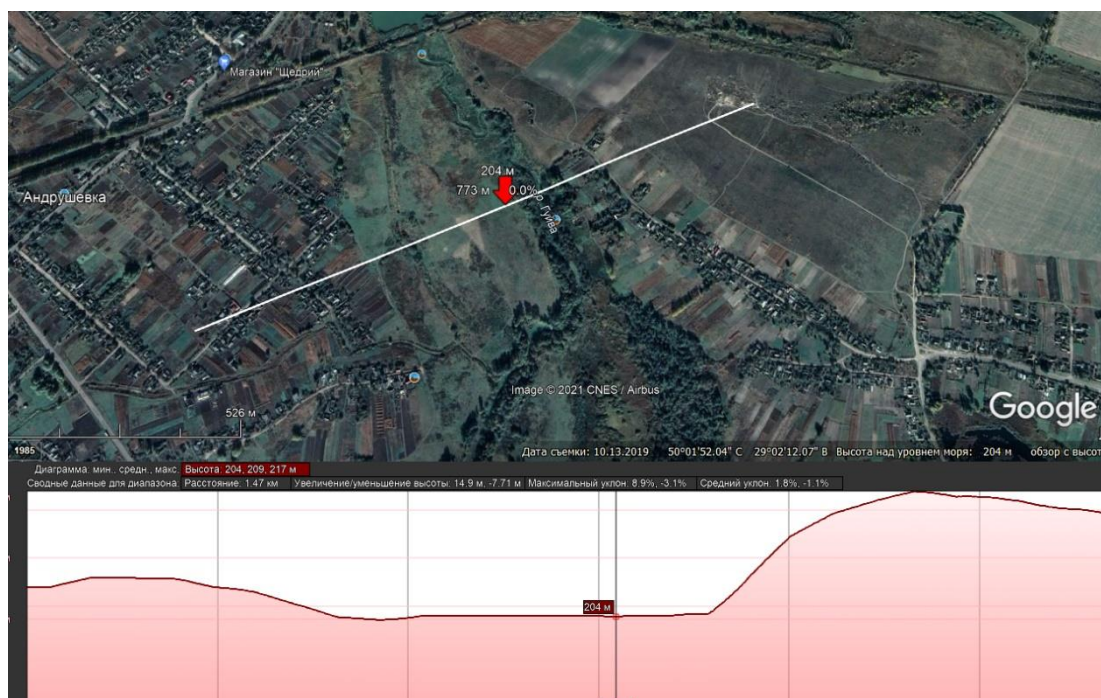


Рисунок 2.7 – Профіль долини р. Гуйва в створі на 1,1 км вище мосту

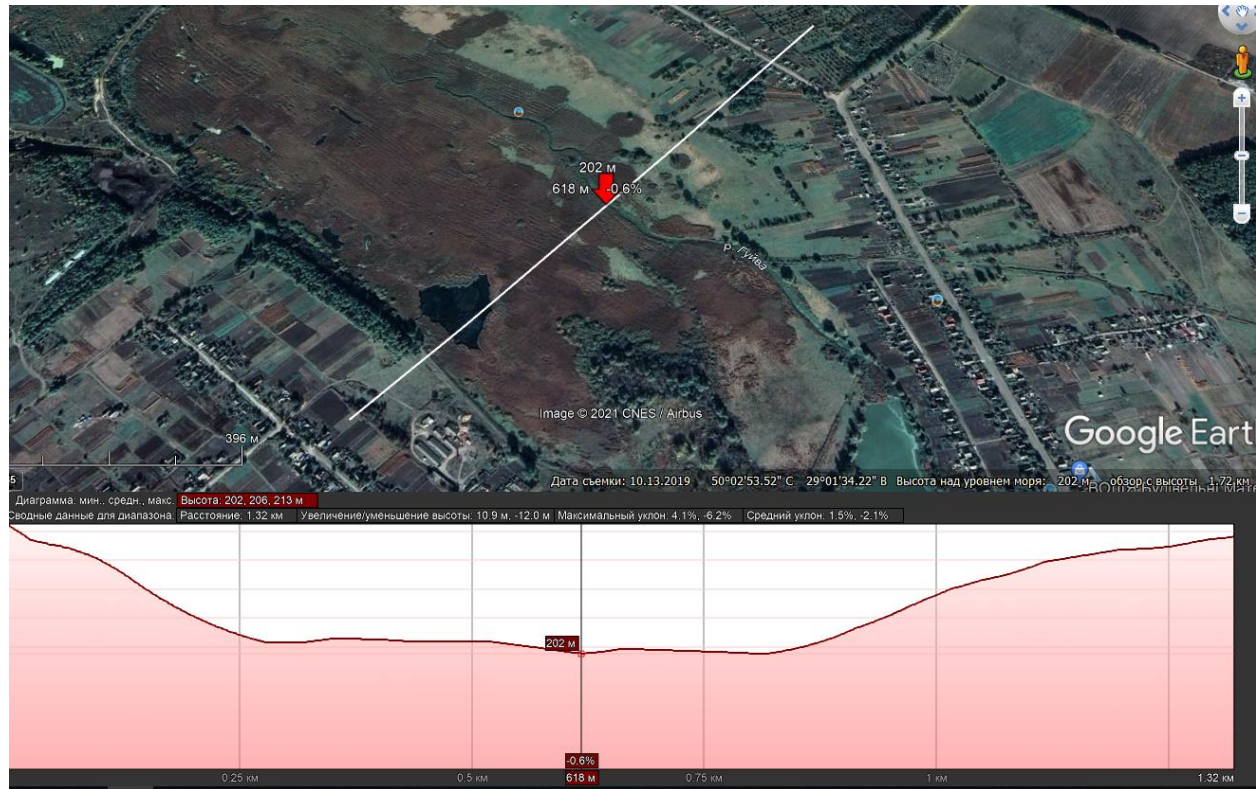


Рисунок 2.8 – Профіль долини р. Гуйва в створі на 1,4 км нижче мосту

## 2.4. Гідрографічна мережа об'єкту дослідження

Гідрографічна мережа це «сукупність рік та та тимчасових водотоків» [33]. Важливими її характеристиками є густоту гідрографічної виражена в км/км<sup>2</sup>.

Будова гідрографічної мережі, відповідно до [33], це «...результат впливу фізико-географічних чинників».

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.2.9).

Річка Гуйва має розгалужену гідрографічну мережу (рис.2) . Основні її праві притоки це малі річки Лебединець, Закіянка та Гульва; основні ліві притоки це Боярка, Сингаївка, Коденка, Пустоха. Довжина водотоків, які не пересихають на водозборі становить близько 460 км (визначено моделюванням в ГІС), густота річкової мережі – 0,57 км/км<sup>2</sup>. Довжина яружно-балочної мережі разом з водотоками складає 2038 км, що створює їх густоту більше 2,5 км/км<sup>2</sup> .



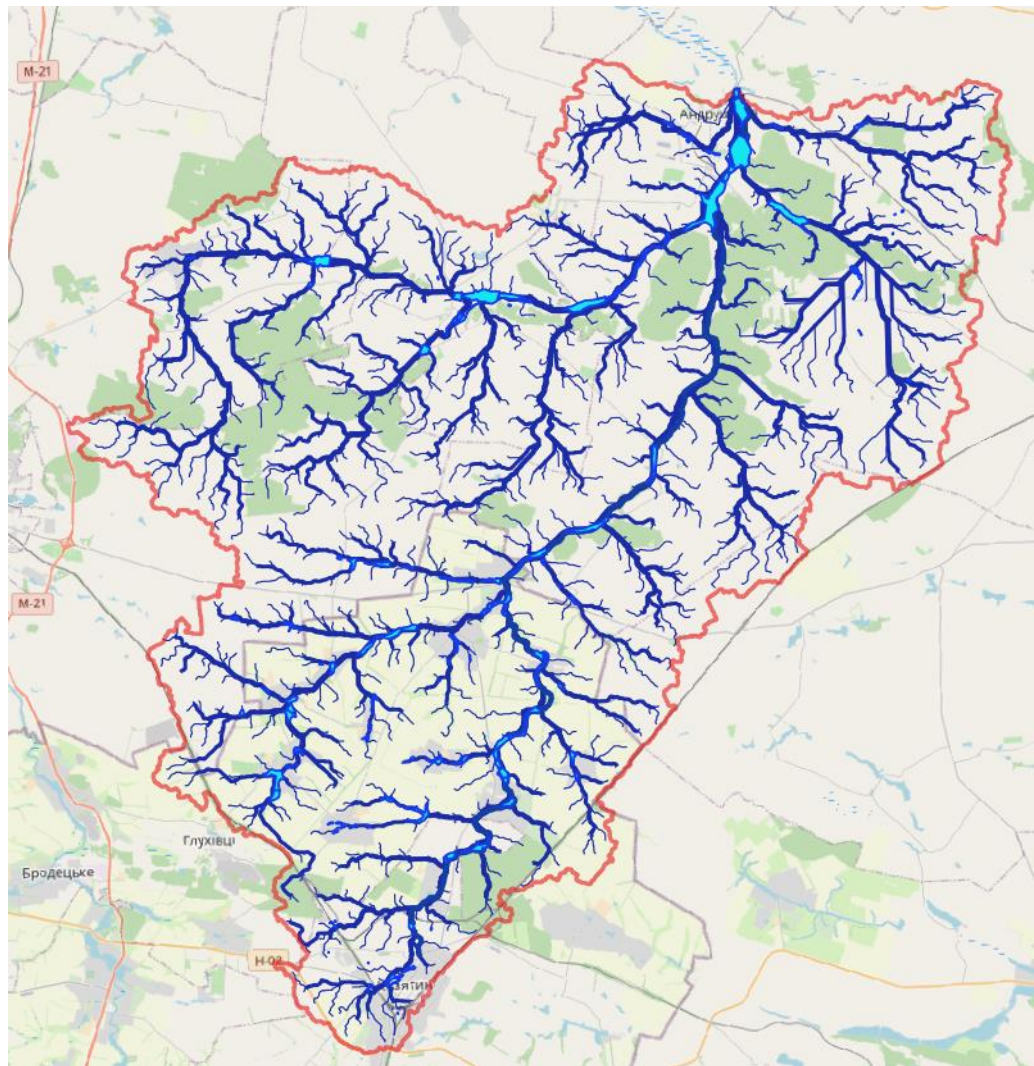


Рисунок 2.9 – Гідрографічна мережа, водні об'єкти та яружно-балкова мережа басейну р. Гуйва (Обробка QGIS)

У підручнику Литовченка [34] 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».

Форма водозбору (витягнута, компактна) суттєво впливає на швидкість добігання хвилі танення снігу чи дощової хвилі, тому і визначають його середню ширину за формулою [34]

$$V_{сер} = F / L, \quad (2.2)$$

де  $L$  – довжина водозбору, км.

Для річки Гуйва (до розрахункового створу) маємо довжину по осі водозбору 41,0 км, тоді  $V_{сер} = 806,8/41 = 19,7$  км.

Важливим параметром в гідрологічних розрахунках є середня висота водозбору [42]. 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.

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 [50]. Статистика рельєфу та гістограма розподілу висот наведена на рис.2.10.

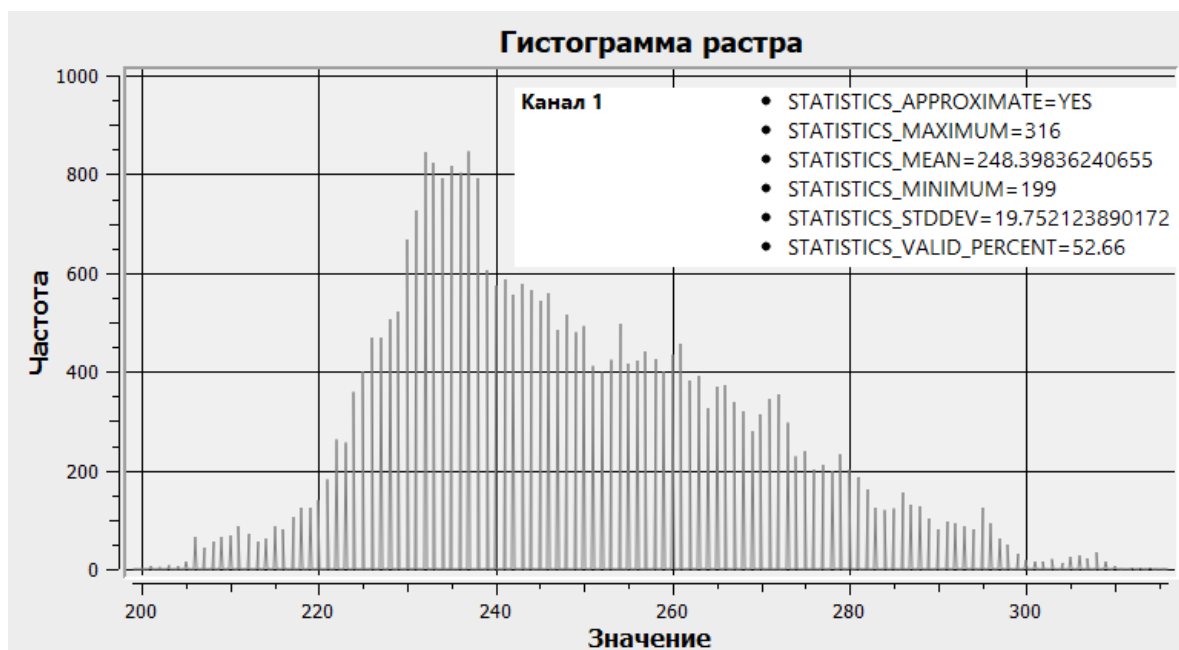


Рисунок 2.10 – Основні статистичні моменти рельєфу водозбору р. Гуйва

Отже, середня висота досліджуваної частини водозбору р. Гуйва становить 248,4 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 [34], 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.

Для досліджуваної території середньовиважений похил схилів водозбору визначили завдяки проведеному геоморфологічному аналізу рельєфу за цифровою моделлю SRTM USGS рельєфу [50], (рис. 2.11).

За статистикою шару похилів середньовиважений становить 1,33%, що характеризує в цілому рівнинний характер рельєфу водозбору.

Максимальний становить 12,1% і приурочений до підніжжя заплави річки.

Матриця похилів дещо спотворена лісовими масивами, оскільки межі їх з відкритою місцевістю, як правило, різкі. Тому спостерігаємо лінії підвищених похилів вздовж масивів лісу.

Таким чином дійсні похили на водозборі менші, для точного визначення необхідно виконати класичні розрахунки за картою в горизонталях масштабу не дрібніше 1:50000.

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

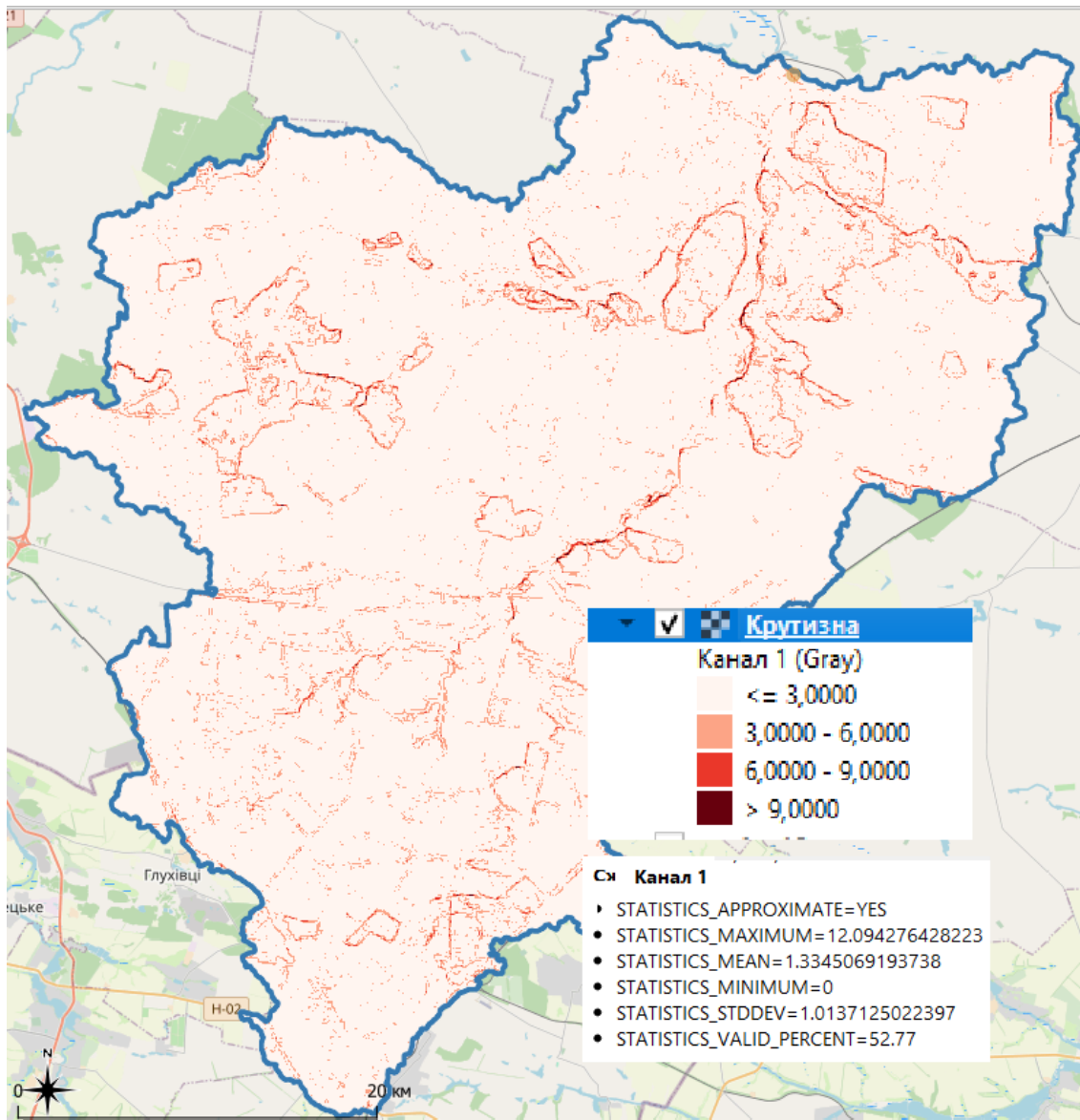


Рисунок 2.11 – Цифрова матриця похилів схилів на водозборі р. Гуйва (QGIS)

## 2.5 Зарегульованість стоку в басейні р. Гуйва

Поняття зарегулювання 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» [42].

Ступінь зарегульованості характеризується коефіцієнтом зарегульованості стоку, який для середнього по водності року в басейні р. Гуйви становить 0,55 (за даними річки аналога – Тетерів).

Зарегульованість басейну р. Гуйви ставками помірна. В басейні розташовані ставки різної площі та об'єму акумуляції, зокрема площею понад 10 га – 25 шт, 1-10 га – 54 шт, менше 1 га – 47 шт (див. рис.2.6). Загальна площа дзеркала ставків на водозборі 9,96 км<sup>2</sup>. З врахуванням широких заболочених заплавл та особливостями рельєфу і наявності чітко вираженої заплавної тераси, а також конструкції земляних гребель та водоскидних споруд у їх складі, максимальний напір форсування при визначенні регулюючого об'єму прийнятий 2 м, а регулююча ємність оцінена об'ємом в 20 млн. м<sup>3</sup>.

## 2.6. Льодові явища

Найбільш широко льодовий режим досліджуваної території описаний в [45]. Льодовий режим, відповідно до [22], це «сукупність закономірно повторюваних процесів виникнення, розвитку та руйнування льодяних утворень на водних об'єктах».

На р. Гуйва льодові явища типові для Лісостепу України і проявляються в виді заберегів, льодоставу, льодоходу, інші. За спостереженнями на водомірному посту на р. Теререв біля с. Макалевичі» [45, табл. 144 (до 1962 р.)] ці явища починаються 3 грудня, закінчуються – 25 березня. [45] – рис.2.12.

Продолжительность и сроки наступления основных фаз льодового режима

№ по табл. 41	Річка	Пункт	Период наблюдений	Наименование характеристик	Сроки наступления				Продолжительность в днях			Продолжи- тельность периода с льодовыми явлениями (в днях)
					осенних льодовых явлений	начала ледостава	вскрытия	очищения ото льда	осенних льодовых явлений	ледостава	весенних льодовых явлений	
			Число лет									
99	Тетерев	с. Макалевичи	1936–62	Средняя	2/XII	14/XII	12/III	25/III	14	84	13	113
			27	Ранняя (наиболь- шая)	1/XI 1953 (24/X 1940)	12/XI 1942	29/I 1944	6/III 1936	78	125	75	145
				Поздняя (наи- меньшая)	17/I 1961	18/I 1961	7/IV 1952	13/IV 1944	1	13	0	49
									1960–61,	1943–44	1948	1960–61

Рисунок 2.12 – Тривалість та строки настання основних фаз льодового режиму за даними в/п Михалевичі на р. Тетерів [45]

Завдяки широкому прольоту мосту, ширина 32 м, ймовірність виникнення таких явищ, як зажори та затори на вищерозташованому залізничному та розрахунковому автомобільному мостах р. Гуйва дуже мала. Знижче буде показано, що запас між максимальним 0,5%-вим рівнем води в руслі під мостом та нижньою частиною моста становить 1,9 м (розрахунок в розділі 4).

### 3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ ГУЙВИ

Водний режим є однією з складових гідрологічного режиму водотоку [33].

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

Відповідно до державних будівельних норм (ДБН), «при відсутності гідрометричних спостережень за стоком, норму визначають за картою ізоліній» [22]. Останню запозичуємо з довідника з водних ресурсів Подніпров'я [45].

Оскільки спостереження на річці Гуйва проводяться, характер внутрішньорічного розподілу стоку встановимо за ними.

Внутрішньорічний розподіл стоку представлений за аналогом – р.Тетерев, притокою якого є р. Гуйва. Внутрішньорічний розподіл стоку прийнятий за даними довідника [45] і наведений на рис. 3.1.

Расчетное распределение стока рек (в % от годового) за характерные по водности годы (1—многоводный, 2—средний, 3—маловодный, 4—очень маловодный)

Водность года	По месяцам												По сезонам			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	весна (III—V)	лето (VI—VIII)	осень (IX—XI)	зима (XII—II)
<b>99. Тетерев — с. Макалевичи, <math>F = 7890 \text{ км}^2</math></b>																
1	4,4	15,6	39,1	10,9	4,8	5,3	2,5	1,2	2,5	3,0	4,5	6,2	54,8	9,0	10,0	26,2
2	3,4	9,9	39,0	16,0	7,2	3,8	2,6	2,3	2,6	3,1	5,2	4,9	62,2	8,7	10,9	18,2
3	4,6	3,4	34,7	18,3	10,0	4,6	3,1	2,5	3,3	3,7	5,2	6,6	63,0	10,2	12,2	14,6
4	3,5	2,7	37,3	19,7	10,8	5,1	3,5	2,7	2,6	2,9	4,1	5,1	67,8	11,3	9,6	11,3

Рисунок 3.1 – Внутрішньорічний розподіл стоку за даними в/п михалевичі на р. Тетерів [45]

Узагальнюючи дані річкового стоку для Гуйви, для розрахункового створу, визначені основні гідрологічні характеристики (рис.3.2)

1.	Площа басейну,	км <sup>2</sup>	806,8
2.	Відстань від гирла,	км	63
3.	Середня багаторічна витрата, $Q_0$	м <sup>3</sup> /с	2,2
4.	Мінімальна спостережена середньорічна витрата (2016 р.)	м <sup>3</sup> /с	0,035
5.	Середній багаторічний модуль стоку, $M_0$	л/с/км <sup>2</sup>	2,7
6.	Середній річний шар стоку, $H_0$	мм	84
7.	Середній річний об'єм стоку, $W$ ,	млн. м <sup>3</sup>	67,7
8.	Коефіцієнт варіації річного стоку, $C_v$		0,52
9.	Коефіцієнт асиметрії, $C_s$		$2C_v$

Рисунок 3.2 – Гідрологічні характеристики стоку р. Гуйва в розрахунковому створі

Внутрішньорічний розподіл стоку вказує на виражений весняний період високих вод. Найбільш повноводним є березень в усі за водністю роки. Зокрема в середній рік середньомісячна витрата березня складе 10,3 м<sup>3</sup>/с.

### 3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняного водопілля р.Гуйва в створі мосту

Розрахунки максимальних витрат і об'ємів стоку весняних повеней р. Гуйва в створі проектного мосту виконані, відповідно до рекомендацій ДБН [22], по формулі граничної інтенсивності [45], і приведені в табл. 3.2.

Вишневецький рекомендує «розрахунки проводити за формулою граничної інтенсивності

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

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



$a_m$  – максимальна інтенсивність водовіддачі талого стоку (мм/год). В роботі прийнята для перевірконої 1%-вої забезпеченості (ймовірності перевищення) з довідникових даних, і дорівнює для розрахункового водозбору лісостепової зони 7,0 мм/годину;

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

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

$\rho$  – 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» [17].

Методика визначення складових формули (3.1) наведена в [45] і в моїй роботі не наведена. Значення складових наведені як результат в табл. 3.1.

Всі розрахунки максимальних витрат за викладеною методикою приведені на рис.Б.1. Всі розрахунки виконуємо в Excel.

Визначені характеристики максимального стоку потребують уточнення, адже, в останні 20-25 років, характер та величина весняних повеней суттєво нижчий і, очевидно, це пов'язано з глобальним потеплінням, і як наслідок – зменшенням накопичення снігу взимку.

Узагальнення табл.3.2 по максимальним витрат і об'ємам стоку водопілля для розрахункового створу на р. Гуйва приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку максимальних витрат та об'ємів стоку водопілля р. Гуйва (розрахунковий створ)

Гідрологічна величина	Забезпеченість гідрологічної величини Р, %					
	0,5	1	3	5	10	25
р. Гуйва, створ мосту, $F_{\text{бас.}}=806,8$ км <sup>2</sup>						
Максимальні витрати, м <sup>3</sup> /с	297	249	187	159	117	62
Об'єм стоку повеней, млн. м <sup>3</sup>	121	103	75	61	38	16

Нижче наведені дані [45] щодо витрат повені на водпостах р. Гуйва в минулому (рис.3.3 та 3.4).

№ по табл. 41	Река — пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период наблюдений		Характеристика	За период наблюдений		За многолетний период					Максимальные расходы воды и слой стока половодья различной обеспеченности (%)					Опорный пункт
			годы	число лет		Q <sub>макс</sub> /сек, л/мк	год	Q <sub>ср</sub> /сек, л/мк	Q <sub>макс</sub> /сек, л/мк	C <sub>г</sub>	C <sub>г</sub> /C <sub>г</sub>	1	2	5	10	25		
																	Q <sub>макс</sub> /сек, л/мк	
Гуйва—с. Городковка	312	1940, 1941, 1944, 1946—67	25	Q <sub>ср</sub> ср.сут	(107) 1956	16,2	22,0	70,5	1,41	2,3	152	121	84,2	56,6	26,8			
					(69,6) 1962	15,0	15,6	50,0	1,34	2,3	104	83,2	58,0	39,5	19,3			
Гуйва — с. Пряжев (Новые Вилы)	1440	1937—41, 1943, 1945—51, 1955—64	26	Q <sub>ср</sub> ср.сут	247 1962	55,2	60,0	41,6	1,12	2,2	318	266	194	143	78,1			
					209 1962	49,8	52,0	36,1	1,09	2,2	267	223	165	123	68,0			
					98 1940	30	31	—	0,79	2,4	117	102	80	63	51			

Рисунок 3.3 – Максимальні витрати повені [45, таблиця 80]

№ по табл. 41	Река	Пункт	Категория русла	Длина реки L, км	Площадь водосбора F, км <sup>2</sup>	Залесенность, %	Заболоченность, %	Падение реки H, м	Скорость v, км/сутки	Время добегаия τ, сутки	Время водоотдачи t <sub>с</sub> , сутки	n = τ/t <sub>с</sub>	Коэффициент φ	Водоотдача a <sub>в</sub> , мм/час	Коэффициент m	m t <sub>с</sub> , сутки	Неоднородность водоотдачи I <sub>г</sub> , сутки	Коэффициенты		Расход 1%-вой обеспеченности		Отклонение, %
																		ρ	r	выпесчаный, м <sup>3</sup> /сек	по кривой обеспеченности, м <sup>3</sup> /сек	
101	Гнилощель	с. Головинка	6	91	1200	6	1	109	24	3,8	4,7	0,81	0,134	7,0	1,07	5,0	—0,3	0,98	—	313	303	+ 9
102	Гуйва	с. Городковка	5	37	312	4	1	81	26	1,4	4,8	0,29	0,221	7,0	1,05	5,0	—0,1	0,98	—	131	152	-14
103,		с. Новые Вилы	6	108	1460	8	3	119	25	4,3	4,8	0,90	0,125	7,0	1,11	5,3	—0,3	0,98	—	348	318	+ 9
104	*	(Пряжев)																				

Рисунок 3.4 – Основні показники максимального стоку повені [45, таблиця 80]

Представлены дані на рис. 3.3 та 3.4 добре корелюють з розрахованими для створу мосту, що підтверджує однорідність формування максимального стоку в минулому та тепер.

### 3.3 Визначення максимальної витрати та об’єму стоку дощового паводку р. Гуйва для розрахункового створу

Паводок «характеризується підвищенням водності річки, та утворюється під час сильних дощів чи під час відлиги» [33].

Інтенсивність зливових паводків по р. Гуйва для розрахункового створу поступається суттєво весняній повені – за рахунок значної площі водозбору та відповідно невисокого значення коефіцієнту редукції для водозбору в цілому, значно менших об'ємів стоку на морфологічними особливостями заплави.

Відповідно до норм ДБН [22, 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 [22] 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 [11] за «максимальною зливною водовіддачею».

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

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

1,67 – перехідний коефіцієнт вимірювання;

$h_m$  – максимально можлива злизова водовіддача 1%-вої забезпеченості, що визначається за картою і для центру водозбору рівна 5,5 мм/10 хв [45] ;

$\varphi$  – 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,  $\text{км}^2$ ;

$n$  – коефіцієнт, який 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;

$r_I$  – 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» [45].

Характеристика максимального стоку дощового паводку для р. Гуйва [45, таблиця 100] наведені на рис. 3.5

№ по табл. 41	Река — пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период наблюдений		Характеристики паводков							Максимальные расходы воды и слой стока дождевых паводков различной обеспеченности, %						
					за период наблюдений			за многолетний период				0,1	1	2	5	10	25	
			годы	число лет	наибольшие величины	расход воды, м <sup>3</sup> /сек	модуль стока, л/сек км <sup>2</sup>	год	средний расход м <sup>3</sup> /сек	средний слой стока, л/сек км <sup>2</sup>	средний модуль стока, л/сек км <sup>2</sup>							$C_v$
												расход воды, м <sup>3</sup> /сек	модуль стока, л/сек км <sup>2</sup>	год	средний расход м <sup>3</sup> /сек	средний слой стока, л/сек км <sup>2</sup>	средний модуль стока, л/сек км <sup>2</sup>	
103	Гуйва—с. Пряжев	1440	1952—64	13	75,3 8,89	52,3	1953	11,9 1,54	8,28	1,53	3,20	2,09	245	146 (55,0)	116	79,9	53,3	24,5
104	Гуйва—с. Новые Вилы	1460	1937—40, 1943—51	13	50,9 19,5	34,8	1937	9,96 2,53	6,81	1,71	3,50	2,04	263 (85,0)	153 50,0	120	80,3	51,9	21,4 2,70
105	Ирша—пгт Во-	908	1955—66	10	12,0	69,5	1964	4,44	8,12	1,53	3,20	2,09	245	146	116	79,9	53,3	24,5

Рисунок 3.4 – Основні параметри максимального стоку дощового паводку для р. Гуйва [45]

Водозбірна площа в розрахунковому створі менше за таку в п. Пряжев та Нові Вили, тому і максимальні витрати дощу будуть дещо менші. В порівнянні з весняною повинню рівновеликі витрати за забезпеченістю менші до двох разів, а об'єм стоку менший в 3-5 разів.

Таким чином обґрунтування максимальних рівнів (п.2.9) виконано саме на витрату весняної повені.

Узагальнені розрахунки максимальних витрат і об'ємів стоку дощів для досліджуваного об'єкту на р. Гуйва наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Максимальні витрати води і об'єми стоку дощового паводку р. Гуйва (розрахунковий створ - створ мосту ,  $F_{\text{бас.}}=806,8 \text{ км}^2$ )

Гідрологічна величина		Забезпеченість гідрологічної величини					
		P, %					
		0,5	1	3	5	10	25
р. Гуйва,							
Максимальні витрати,	$\text{м}^3/\text{с}$	200	138	102	77	55	30
Об'єм стоку паводку,	млн. $\text{м}^3$	56	44	20	11	6,1	1,7

Таким чином зливовий максимум стоку суттєво значно менший за максимум повені, тому обґрунтування максимальних рівнів виконано саме на витрату весняної повені.

Отримані значення миттєвих максимальних витрат необхідно уточнити з точки зору трансформації піка паводку ставками.

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

Генетичні методи розрахунку максимальних витрат та об'ємів стоку повені чи дощового паводку, один з варіантів яких представлений попередніх пунктах роботи, визначають найбільше значення їх. Враховуючи, що на водозборі Гуйви багато ставків та заболочених пойм, при встановленні пропускної здатності підмостових прольотів до уваги треба брати можливість підпору перед мостом, створення регулюючої ємкості. Всі ставки володіють нею.

При розрахунку трансформації максимального стоку та при відсутності спостережень за стоком рекомендують використати спрощений метод Д.І. Кочеріна [33].

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 [22] 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. 3.3.

Таблиця 3.3 – Трансформація максимального стоку в розрахунковому створі річки Гуйва

Забезпеченість максимальної витрати	Максимальна витрата повені, м <sup>3</sup> /с		Об'єм стоку повені, млн.м <sup>3</sup>	Об'єм регулювання, млн. м <sup>3</sup>	Зарегульована трансфор- мована витрата, м <sup>3</sup> /с
	миттєва	середньо- добова			
Весняна повінь					
1%	249	224	103	20	181
5%	159	144	61	20	97
10%	117	105	38	20	50

В результаті максимальна трансформована витрата 5%-вої забезпеченості (відповідно до класу наслідків (відповідальності) СС1) повені зменшилась в 1,5 рази. Її і приймемо для обґрунтування пропускної здатності мосту.

## 4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТУ НА РІЧЦІ ГУЙВА

На режим рівнів природних водотоків значний вплив має не тільки живлення річки, а й «морфологічні особливості будови русла (характер та розміри поперечного профілю, похили, заплави) та зарегульованість стоку водотока» [33].

Гідравлічні розрахунки напряду дають характеристики рівневого режиму водотоку. Гідравлічні розрахунки пропускної здатності мостового прольоту дають можливість визначити рівневий режим при пропуску надзвичайних витрат та ймовірність критичних ситуацій щодо надійності та стійкості мостових устоїв. На основі гідравлічних розрахунків приймають рішення про конструктивні розміри гідротехнічної споруди, мостів, устоїв, тощо.

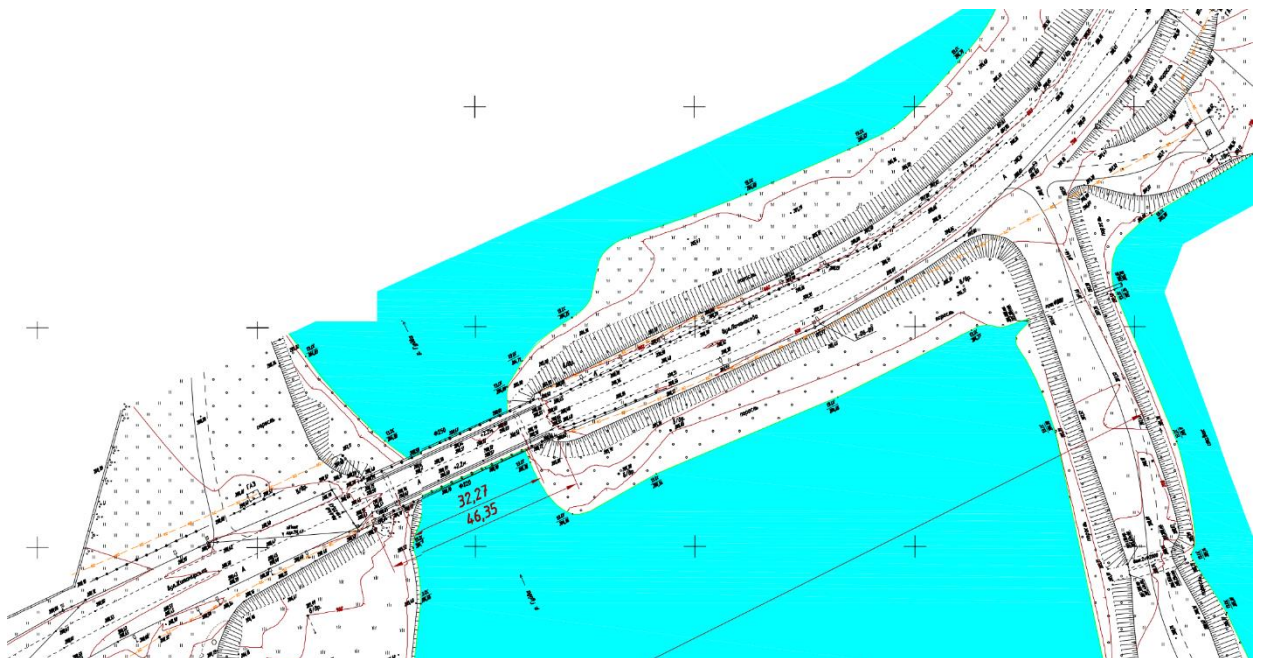


Рисунок 4.1 - План ділянки реконструкції мосту на р. Гуйва [48]

Вихідними даними є, як відмічено вище, інженерні вишукування виконані центром інженерних вишукувань ТОВ «ТОПОГРУП» [48], результатом яких є план ділянки реконструкції мосту (рис.4.1).

На величини максимальних рівнів води в розрахунковому створі мосту через р. Гуйва вплинуть наявність гребель та ставків (малого водосховища), залізничний міст вище по течії, широкі заплави зі значною акумулюючою здатністю (рис. 6, номер 1). Всі вказані особливості створюють штучний підпір (1,2,3 та 5) та володіють значними регулюючими об'ємами (4,6 та 7), що з гідравлічної точки зору призведе до створення умов підтопленої роботи мостового прольоту в розрахунковому створі. Тому на рис.4.2 наведені криві пропускної здатності в умовах підтоплення, що характеризується коефіцієнтом підтоплення  $\sigma_{\text{п}}$ .

Аналіз геодезичної зйомки моста (додаток А), дав вихідні дані для побудови поперчного перерізу річки в створі мосту (рис.4.3) .

Розрахунки по руслу виконані «по формулі рівномірного руху води у відкритих руслах

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

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

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

$R$  – гідравлічний радіус, м;

$i$  – гідравлічний похил русла, визначений на основі геодезичних вишукувань» [8].:

Коефіцієнт шорсткості для русла р.Гуйва прийнятий рівним  $n=0,038$  [8].

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





Рисунок 4.2 – Фактори, які впливають на рівневий режим в розрахунковому створі:

- 1 – розрахунковий створ;
- 2 – невисока перемичка в НБ;
- 3 – стіснення русла шпорами;
- 4 – широка заплава – торфoviще;
- 5 – залізничний міст;
- 6 – широка заплава в ВБ;
- 7 – каскад ставків площею водної поверхні 284 га.

Таблиця 4.1 – Результати гідравлічних розрахунків русла р.Гуйва вище створу мосту

Гідравлічний параметр	Одиниця вимірювання	Рівень води в верхньому б'єфі мосту, м БС			
		203,5	204,8	206	208,64
змочений периметр живого перерізу, $\chi$	м	13,20	26,07	34,07	48,33
Гідравлічний радіус потоку, R	м	0,32	1,10	1,88	3,50
Коефіцієнт Шезі для русла, C	$\text{м}^{0,5}/\text{с}$	22,89	26,75	27,85	29,47
Витрата води, $Q^*$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,79	11,72	35,52	135,07
Середня швидкість перед мостом, V	м/с	0,19	0,41	0,55	0,80
Середня глибина потоку, $h_c$	м	0,35	1,12	1,93	3,65
Максимальна глибина в потоці, H	м	0,70	2,00	3,20	5,84
Ширина русла по урізу води, B	м	12,00	25,80	33,15	46,35
Площа живого перерізу перед мостом, $\omega$	$\text{м}^2$	4,2	28,77	64,14	169,08

\* - витрата без врахування підтоплення

Розрахункова формула для підмостового прольоту відповідає «умовам протікання води через водозлив з широким порогом, має вигляд:

$$Q = \sigma_{\Pi} m B^* (2g)^{0,5} H^{1,5}, \quad (4.2)$$

де:  $\sigma_{\Pi}$  – коефіцієнт підтоплення: врахування особливостей пропуску максимальний витрат в стіснених та забудованих умовах нижнього б'єфу;

$m$  – коефіцієнт витрати, який для розрахункових умов визначений як для водозливу з широким порогом, і дорівнює  $m=0,32$ ;

$B^*$  – ширина русла в створі мосту по урізу;

$H$  – глибина води в верхньому б'єфі (приймаємо як напір на гребні водозливу), м» [8].

Результати розрахунку – в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Пропускна здатність підмостового прольоту через Гуйва, м<sup>3</sup>/с

Коефіцієнт підтоплення	Рівень води в верхньому б'єфі мосту, м БС			
	203,5	204,8	206	208,64
1	3,5	46,3	135,9	465,7
0,9	3,2	41,7	122,3	419,1
0,8	2,8	37,0	108,7	372,6
0,7	2,5	32,4	95,1	326,0
0,6	2,1	27,8	81,5	279,4
0,5	1,8	23,2	68,0	232,9
0,4	1,4	18,5	54,4	186,3
0,3	1,1	13,9	40,8	139,7

На рисунку 4.3 показана залежність Q-H, як пропускна здатність мосту та визначений на її основі рівневий режим повені (рис.4.3)

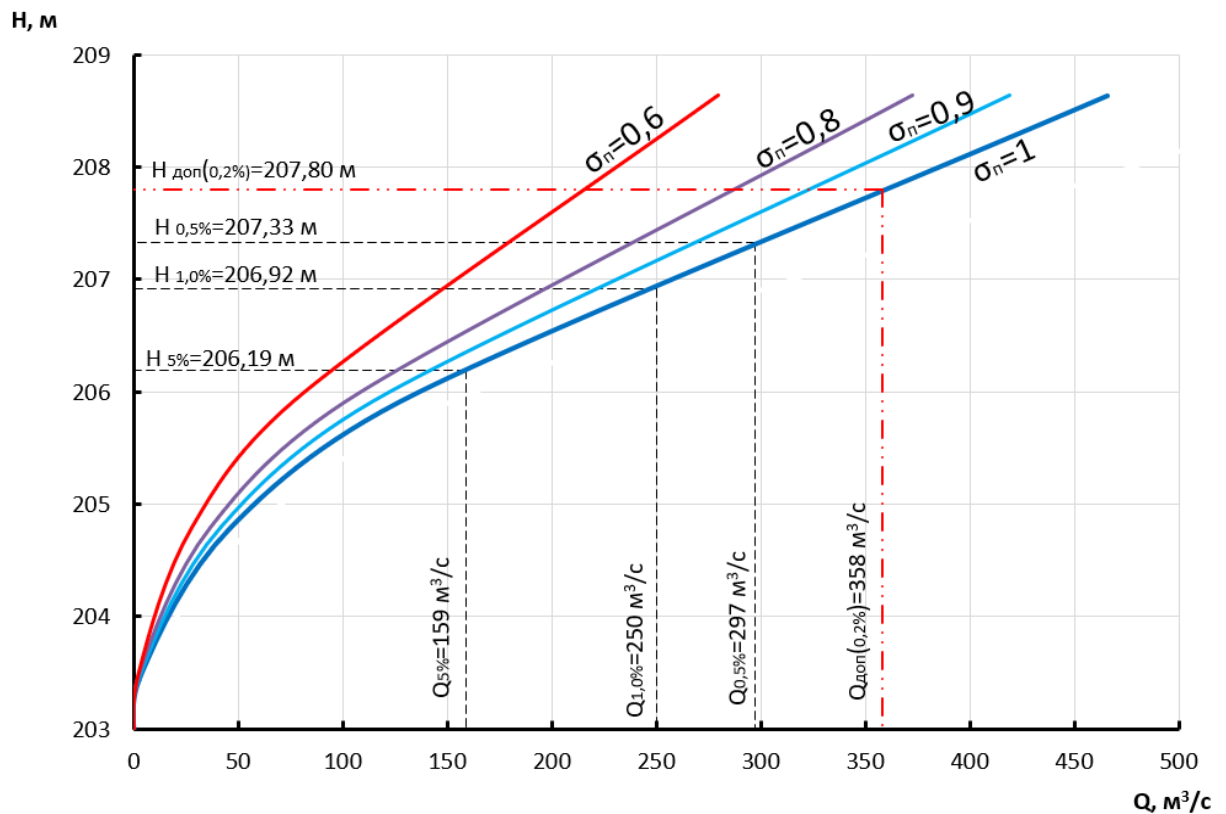


Рисунок 4.3 – Пропускна здатність підмостового прольоту в звитратами максимальної весняної повені та відповідними рівнями

Результати геодезичних вишукувань є вихідними даними для побудови поперечного профілю русла р. Гуйва у створі мосту. Дані для побудови профілю зведені в табл.4.3

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для поздовжнього профілю в створі мосту через Гуйва

Промірна точка	Відстань від початку, м	Відмітка поверхні землі (дна), м БС
1	0	208,64
2	6,35	206
3	12,7	204,8
4	19	203,5
5	25	202,8
6	31	203,5
7	38,5	204,83
8	39,5	206
9	46,35	208,62

Підсумкові результати розрахунку рівневого режиму в створі мосту зображені на профілі (рис.4.4)

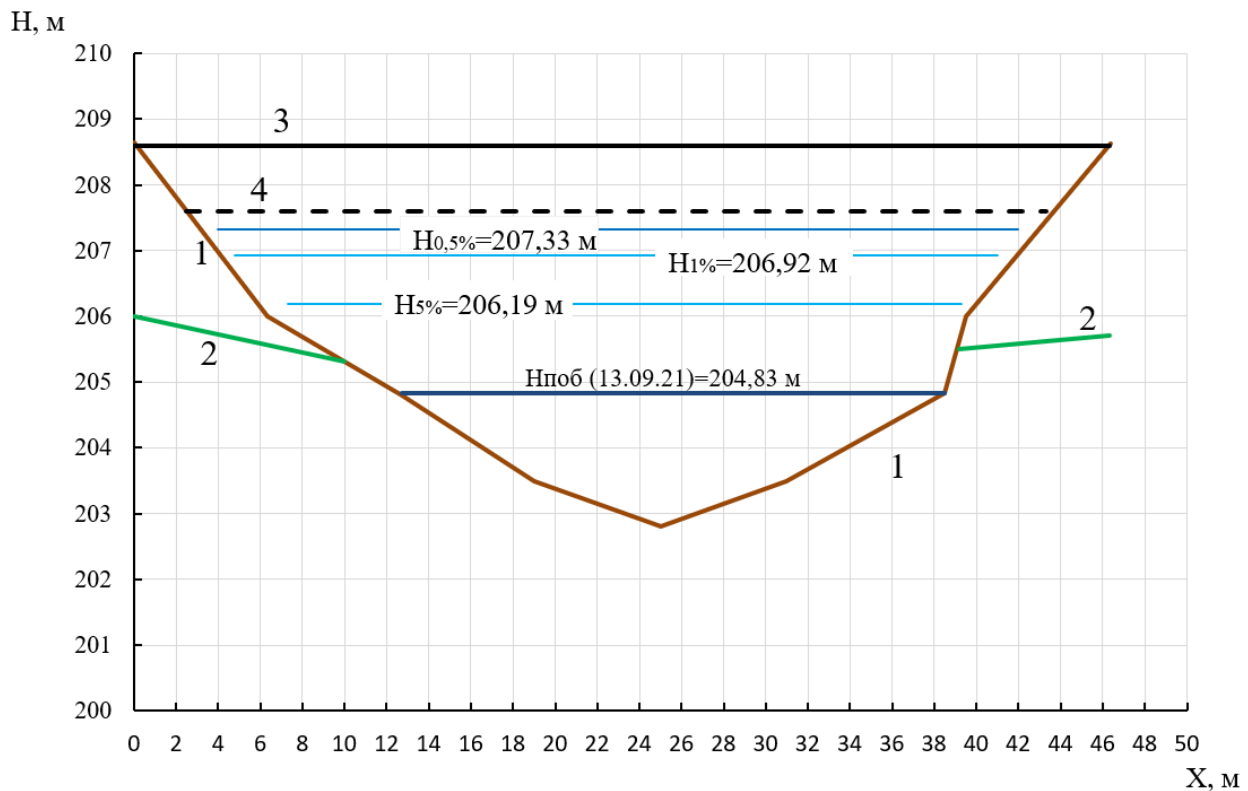


Рисунок 4.4 – Поперечний профіль р. Гуйва в розрахунковому створі мосту та відповідні рівні весняної повені (непідтоплений режим витікання):

- 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 витрати дощового паводку 0,5 % забезпеченості  $Q_{0,5\%} = 297$  м<sup>3</sup>/с буде дорівнювати  $H_{0,5\%} = 207,33$  м.

Основні розрахунки приведені в табл. 4.4.

Саме рівневий режим в нижньому б'єфі є критичним при пропуску надзвичайних витрат. На рис. 4.5 наведений змодельований варіант роботи мосту на пропуск 0,5% витрати (297 м<sup>3</sup>/с) в умовах максимально допустимого рівня води в НБ, який, за нормами, повинен бути на 0,4-0,5 м нижче нижньої частини прольоту мосту. В нашому випадку це 207,1 м.

Таблиця 4.4 – Результати гідравлічного розрахунку рівнів води в верхньому б'єфі при пропуску перевірконої максимальної витрати води (0,5%-ої забезпеченості – для СС2) по руслу р. Гуйва в розрахунковому створі мосту

Найменування показників		Кількість
1. Максимальна розрахункова витрата водопілля	м <sup>3</sup> /с	297
2. Відмітка низу підмостового отвору орієнтовна ,	м БС	207,5
3. Розрахунковий рівень води 0,5 % забезпеченості,		
- у нижньому б'єфі,	м БС	205,57
- у верхньому б'єфі,	м БС	207,33
4. Максимальна глибина води в ВБ перед мостом в верхньому б'єфі, Н	м	4,7
5. Глибина води на вході в підмостовий отвір, Н	м	2,77
6. Середня швидкість води в під мостом V	м/с	2,82

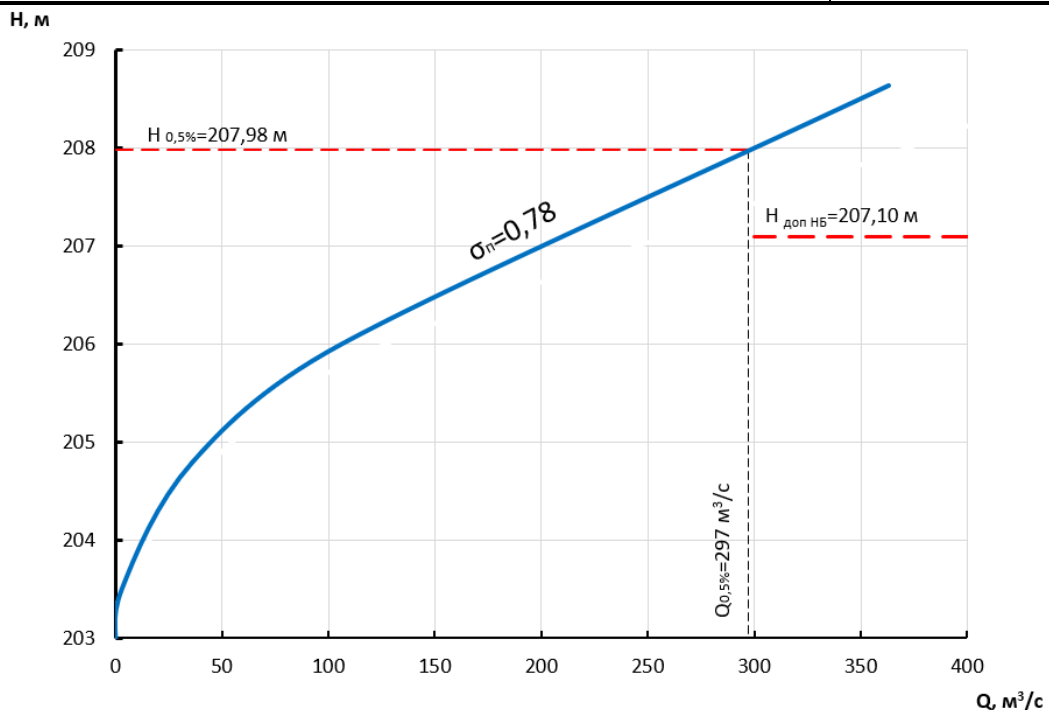


Рисунок 4.5 – Режим пропуску витрати 0,5%-ої забезпеченості в розрахунковому створі за умови максимально допустимого рівня води в НБ (207,10 м), що створює підтоплення ( $\sigma_{п} = 0,78$ )

При пропуску такої витрати рівні види в ВБ ймовірно будуть на відмітці 207,98 м, а коефіцієнт підтоплення буде в межах 0,76-0,8. Переливу води через міст та земляну греблю, по якій проходить дорога не буде!

Зведемо основні висновки по гідравлічному розрахунку русла річки Гуйви у верхньому б'єфі та гідравлічним умовам в прольоті моста при пропуску максимальних витрат:

- Максимальний рівень води на р. Гуйва в розрахунковому створі мосту автомобільної дороги О-060102, км 1+470, при проходженні максимального стоку весняної повені 0,5 % забезпеченості ( $Q=297\text{м}^3/\text{с}$ ), становить 207,33 м Балтійської системи висот (БС); при проходженні максимального стоку дощового паводку 0,5 % забезпеченості рівні будуть суттєво нижче – 206-206,2 м БС.

Розрахункові максимальні рівні води повені різної забезпеченості наступні:

$PVV_{0,5\%}=207,33$  м БС;

$PVV_{1\%}=206,92$  м БС;

$PVV_{5\%}=206,19$  м БС;

$PVV_{10\%}=205,70$  м БС.

- Максимально допустимий рівень води в НБ при пропуску витрати 0,5%-ої забезпеченості – 207,1 м БС. При цьому розрахунковий рівень види в ВБ ймовірно буде на відмітці 207,98 м, а коефіцієнт підтоплення  $\sigma_{п}$  буде в межах 0,76-0,8. Переливу води через міст та земляну греблю, по якій проходить дорога не буде!

4. Максимальна середня швидкість руху течії під мостом при проходженні максимального стоку весняного водопілля 0,5% забезпеченості становить 2,82 м/с, донні швидкості за звичай становлять 75-80% від поверхневої, тобто близько - 2,2 м/с, що вимагає відповідного штучного кріплення русла під мостом.

## **5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ ГУЙВА**

### **5.1 Оцінка технічного стану мосту та проектні заходи з реконструкції**

Як відмічено в п.2.1 , де надана загальна характеристика та конструктивні розміри мосту на обласній автомобільній дорозі О-060102 в північній частині м. Андрушівка, рішення щодо проведення реконструкції або нового будівництва мосту було прийняте ще в 2021 р.

Оцінка технічного стану проведена вишукувальною організацією Топогруп (2021), що засвідчила значне зношення металевих конструкцій мосту (рис.5.1). На фото чітко видно, що металеві конструкції мосту суттєво зношені і потребують детальної технічної експертизи.

Зважаючи на те, що конструкція мосту цільна рамна, реконструкція може бути виконана варіантом повної заміни несучого прогону мосту, або розглядати варіант нового будівництва залізобетонного мосту, про що вказано в п.2.1.

Другим варіантом з незначними капіталовкладеннями є проведення капітального (або поточного) ремонту без заміни несучої частини з застосуванням сучасних гідроізоляційних матеріалів та способів підсилення несучої здатності металевих конструкцій мосту.

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.





Рисунок 5.1 – Візуальний стан металевих конструкцій мосту через річку Гуйва в мю Андрушівка [9]

3. Проведення інженерних гідрологічних та гідравлічних розрахунків з метою оцінки пропускної здатності підмостового прольоту мосту та пропускної здатності русла річки Гуйва в нижньому б'єфі і на його основі розрахунку та аналізу рівневого режиму прийняти конструктивні рішення по мосту.

4. Визначення ступеня пошкодження несучих конструкцій мосту з метою складання переліку відновлювальних робіт.

5. Вибір типу та методів гідроізоляції та посилення несучої здатності конструкції мост з розробкою робочої документації для реконструкції.

6. Визначення об'ємів робіт та матеріалів для реконструкції мосту.

Опис рекогносцирувальних робіт за даними інженерних вишукувань ТОВ «Топогруп» [48**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], представлені в попередніх розділах. Ці матеріали використані в роботі в якості вихідних даних.

Детальне гідрологічне обґрунтування для реконструкції наведено в розділі 3. Детальний гідравлічний розрахунок пропускної здатності мосту наведено в розділі 4. Ці дані дозволили в цілому прийняти рішення щодо відповідності існуючої проїжджої частини автодороги О-060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці на р. Гуйва вимогам непереливу води через проїжджу частину та автодорогу в період високих вод, та стійкості несучих бетонних устоїв.

Так відмітка проїжджої частини мосту в межах 208,5-208,8 м БС (рис.5.2)

Величина конструктивного запасу для рамних металевих мостів з не перевищує 0,9 м, тобто нижня відмітка мостового прольоту буде не нижче 207,6 м.

За даними гідравлічного розрахунку (розділ 4) максимальна відмітка води за мостом при пропуску 0,5%-вої повені не перевищить 207,33 м.

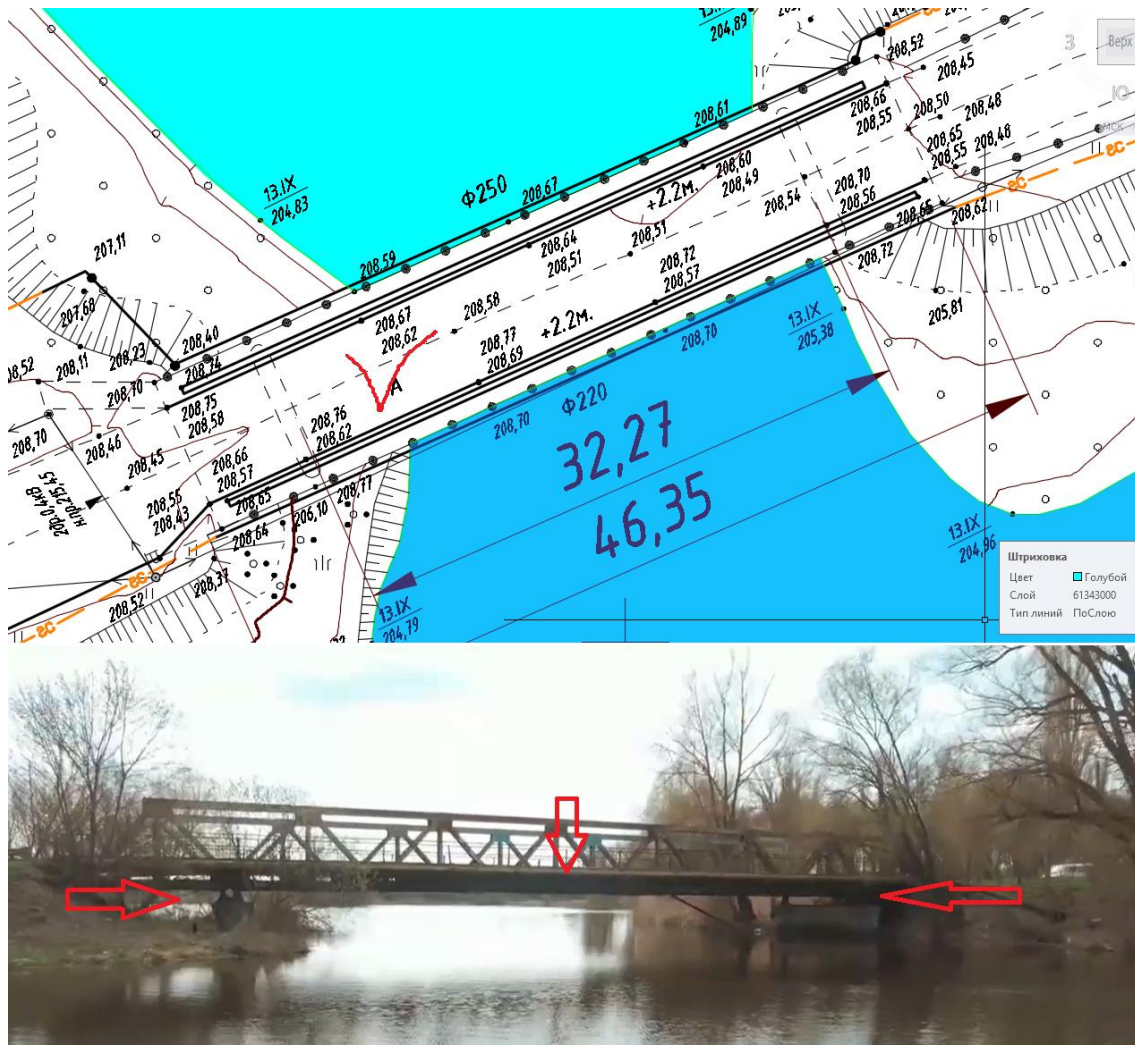


Рисунок 5.2 – План мосту (витяг з інженерно-геодезичних вишукувань)

Отже заходи з реконструкції обмежуються заміною покриття проїжджої частини мосту (рис.5.3, 2), відповідних робіт по відновленню асфальту та парпетів, проведенню очищення металевих конструкцій та гідроізоляції (рис.5.3, 3), підсилення несучої здатності шляхом заміни окремих елементів металевої рами (рис.5.3, 1), тощо.



Рисунок 5.3 – Елементи мосту для реконструкції

Рекомендовані заходи з реконструкції мосту в роботі виконані як для етапу розробки ТЕО - техніко-економічного обґрунтування, що відповідає передпроектній стадії розробки робочих проектів [19, 18].

В роботі наведемо об'єми робіт, характеристики матеріалів та оціночна ринкова вартість реконструкції.

Мостове полотно призначене для забезпечення безпеки руху транспорту. Включає такі і конструктивні елементи: (рис. 5.4) елементи: одяг полотна, одяг тротуарів, щогли освітлення, пристрій для водовідведення, деформаційні шви [32].

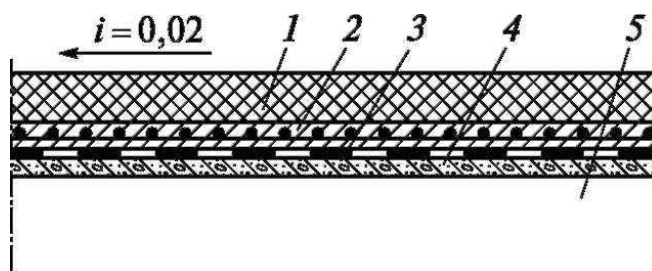


Рисунок 5.4 – «Конструктивні елементи їздового полотна: 1 – асфальтобетон; 2 – захисний шар; 3 – гідроізоляція; 4 – вирівнюючий шар; 5 – плита проїзної частини» [32]

Одяг проїжджої частини розташовується на залізобетонній плиті. До складу входить вирівнюючий шар, гідроізоляція, захисний шар ізоляції.

Вирівнюючий шар - з цементно-піщаного розчину товщиною від 30 мм. Гідроізоляцію виконують з рулонних матеріалів. Захисний шар - з цементно-піщаного розчину не менше 40 мм, його укріплюють (армують) сталеву сіткою з дроту діаметром 2,5 мм з кроком 45 мм, укладають з перекриттям.

За рекомендаціями «Покриття одягу їздового полотна виконують двошаровим з асфальтобетону або з цементобетону загальною товщиною відповідно 70 і 80 мм. Між шарами в цементобетонне покриття укладають зварну сітку з подовжньою арматурою діаметром 4 мм і поперечною діаметром 6 мм з відстанню між стрижнями 250 і 100 мм відповідно. Ширина сіток 1500 мм, їх укладають з перекриттям на 200...300 мм» [4].

В навчальній літературі відмічено, що «конструкція огорож і тротуарів для безпечного руху пішоходів. Тротуари влаштовують на кожній стороні моста і захищають їх із зовнішніх сторін поручнями заввишки не менше 1,1 м. Ширину тротуарів визначають від інтенсивності руху пішоходів, і як правило не менше 1м» [32].

Огорожою між пішохідною і проїжджою частинами в конструкції мосту, який є об'єктом досліджень є несуча металева рама, яка додатково обладнується захисними поручнями. Висоту огорож на мостах на автомобільних дорогах II категорій приймається не менше 0,75 м. Типова конструкція огорожі – на рис. 5.5.

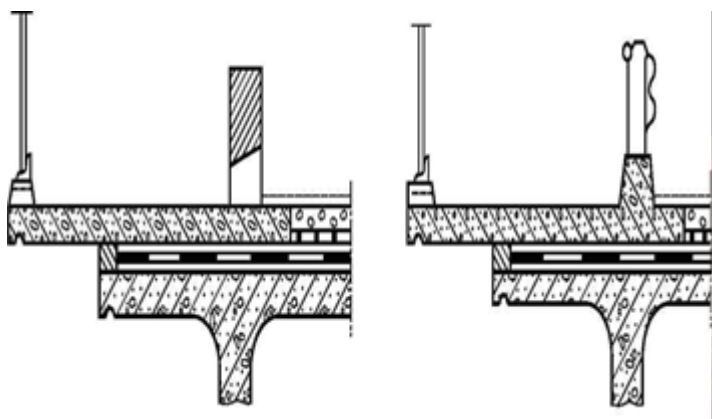


Рисунок 5.5 – Конструктивні елементи огорожі

Деформаційні шви моста влаштовують для забезпечення свободи переміщень суміжних елементів моста при дії тимчасових навантажень перепадів температури. Вони представляють собою поперечні шви. Їх конструкції повинні бути водо та грязнепроникними.

Типова конструкція закритого деформаційного шва наведена на рис.5.6.

Максимальна амплітуда переміщень, як вказано в [32]: «...що допускаються, в швах закритого типу у разі застосування неармованого асфальтобетону складає 10 мм, у разі армованого – 15 мм при температурі нижче  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  і 10 мм при температурі вище  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ».

Устої мостової конструкції, як відмічено вище, знаходяться в робочому стані, тому підготовка їх полягає в зачищенні від старих покриттів та

підготовці зв'язної арматури для з'єднання з закладними частинами для посилення несучої здатності мосту.

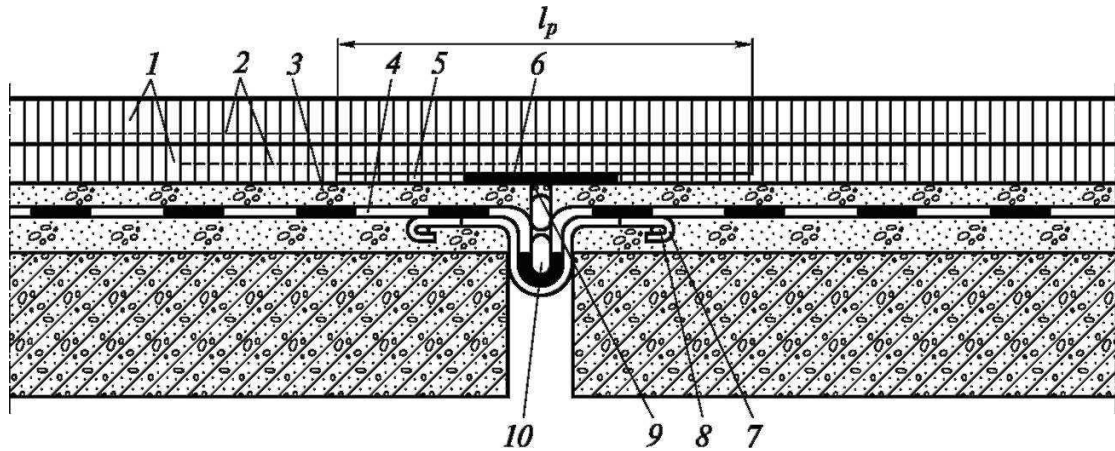


Рисунок 5.6 – «Конструкція деформаційного шва закритого типу з армованим асфальтобетонним покриттям: 1 – покриття; 2 – армуюча сітка; 3 – захисний шар; 4- гідроізоляція; 5– відокремлююча прокладка; 6 – перекриття зазору; 7 – компенсатор; 8– анкерний стрижень; 9 – мастика; 10 – пористий заповнювач» [32]

## 5.2 Визначення об'ємів матеріалів та робіт для відновлення мосту та їх вартість

Представлена вище типова конструкція сталевого мосту на р. Гуйва дозволяє становити перелік основні видів робіт та будівельних матеріалів.

До цього переліку включені: закладні частини до мостових устоїв або опори, складові дорожнього покриття для мосту, засоби гідроізоляції металевих конструкцій. Також матеріали для ліквідації пошкоджень та іржі на металевих конструкціях мосту.

За конструктивними параметрами мосту (див. рис. 5.1) та класу дороги на мосту (клас II. - відповідає категорії дороги та її господарського призначення – обласного значення) визначені кількості матеріалів та необхідні об'єми робіт, які зведені в табл. 5.1.

Вартісні показники виробів запозичені з інтернет ресурсів від їх виробників. Вартість будівельно-монтажних робіт визначена за укрупненими нормами проектування [37] та як зазначалось вище, виконані для етапу розробки ТЕО, що відповідає передпроектній стадії розробки робочих проектів.

Таблиця 5.1 - Об'єми матеріалів для реконструкції мосту та їх вартість, тис.грн

Позиція	Кількість	Вартість одиниці , грн	Загальна вартість, тис. грн	Вартість монтажу	Загальна вартість за укрупненою нормою, тис.грн
Дорожнє полотно автомобільної дороги (комплексне покриття) , м.п.	65	8000	520	364,0	884,0
Дорожнє полотно мосту (комплексне покриття), м.п.	50	10000	500	350,0	850,0
Відкритки мостового устою	2	12020	24,04	4,8	28,8
Огороджувальна стінка мосту, м	85	550	46,75	21,0	67,8
Закладні та підпірні частини з'єднання з устоями, м	20	1600	32	8,0	40,0
Гідроізоляція металевих конструкцій, м2	1500	250	375	168,8	543,8
Ліквідація пошкоджених ділянок мосту та їх заміна, од.	20	3000	60	46,8	106,8
Всього					2521,2
Вартість за зведеним кошторисом					4134,7

На підставі виконаного розрахунку попиту на матеріали та переліку основних видів робіт з реконструкції мосту на р. Гуйва на територіальній дорозі О-060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці, на етапі розробки передпроектної документації (ТЕО – техніко-економічного обґрунтування) об'єкту реконструкції, визначена кошторисна вартість реконструкції, що склала 4,135 млн. грн.

### **5.3 Правила безпеки праці при проведенні ремонтних робіт мостових конструкцій**

Безпека праці при монтажу мостових конструкцій , проведенні ремонтних робіт на них займає чільне місце в організації будівельного процесу. В моїй роботі, окрім основних положень ДБН по охороні праці [20], 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» [41];

«ДНАОП 0.00-1.03-93 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» та інші.

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;

Гідроізоляційні роботи

Монтаж покриття дороги, та інші.

Правила безпеки запозичені з вказаних нормативних документах і детально наведені в додатку Г.

Загалом звернуто увагу на питання:

Організація будівельного майданчика;

Планування будівельного майданчика;

Особливості вантажно-розвантажувальних робіт;

Переміщення вантажів ручним способом;

Обов'язки відповідального керівника при проведенні монтажних робіт; детально прописані вимоги до інструментів для монтажу;

Проведення ізоляційних і облицювальних робіт;

Особливості при роботі з гарячими сумішами;

вимоги до транспортування бітумів ;



Вимоги до організації робочого місця, та інші.

#### **5.4 Вимоги до встановлення меж водоохоронних зон та прибережних захисних смуг та заходи щодо режиму господарської діяльності на прибережних ділянках водних об'єктів**

Об'єкт дослідження знаходиться на забудованій території м. Андрушівка, тому встановлення меж водоохоронних зон та прибережних захисних смуг та заходи щодо режиму господарської діяльності на прибережних ділянках водних об'єктів необхідно приділяти велику увагу.

Мінімальні розміри водоохоронних зон «зазначаються в документації із землеустрою, кадастрових планах земельних ділянок, а також у містобудівній документації, відповідно до ст. 60 ЗКУ» [13]. Їх межі встановлюють під час розробки робочого проекту. «Визначають внутрішню і зовнішню межу водоохоронних зон. Внутрішня межа визначена від урізу води водних об'єктів при форсованому підпірному горизонті. Зовнішня межа ВЗ прив'язується до ситуації на місцевості. Як правило її межу визначає найбільш віддалена від водного об'єкта лінія» [13].

Кількісно «мінімальна межа водоохоронних зон за межами населених пунктів встановлюється : для боліт та малих річок - 100 м; для ставків - 200 м» [51]. Відповідно до сучасного бачення, на забудованій території мінімальна межа встановлюється з врахуванням забудови, що склалася, наявних присадибних ділянок, виділених у приватну власність у відповідності з картами земельного кадастру і документацією із землеустрою [51, п.2.3.13].

Прибережні захисні смуги (ПЗС) встановлюють з метою комплексної охорони водних об'єктів від забруднення та збереження водності. Зокрема «Внутрішня межа прибережних захисних смуг суміщується з внутрішньою такою ж межею водоохоронних зон. Зовнішня межа прибережних захисних

смуг встановлюється шляхом відліку фіксованих лінійних розмірів від внутрішньої межі у відповідності з нормами статті 88 ВКУ, без розроблення спеціальних проектів із землеустрою» [51, п.3.2.2]. «ПЗС за межами населених пунктів встановлюються по обидва береги річок та навколо водойм шириною: - для малих річок та ставків площею водного дзеркала до 3 гектарів - 25 метрів; - для ставків площею водного дзеркала понад 3 гектари та для боліт – 50 метрів» [51, п.3.2.3]. «В межах населених пунктів ширина прибережної захисної смуги, встановлюється за проектами землеустрою, відповідно до існуючих умов забудови та з урахуванням містобудівної документації» [51, п.3.2.11].

Для досліджуваної річки необхідно розглянути випадок як в межах населеного пункту.

Дослідження для виділення ПЗС та ВЗ провели за допомогою ГІС QGIS. Створені відповідні шари, що пов'язані з межами видів господарювання: меж забудови, сільськогосподарського використання земель (рис.5.7). При розробці цих шарів використали картографічні сервіси, а саме: ESRI World Imagery вбудований в QGIS, SAS Planet та Google Earth [1]. Ширина ПЗС для ставків, які створені на р. Гуйва, прийнята 50 м, оскільки площею водного дзеркала більше 3 га [13].

Побудова ПЗС виконана з використанням функції «Буфер» меню «Вектор» для шару ставків. Як приклад показана на рис. 5.7 частина річища Гуйви біля мосту.

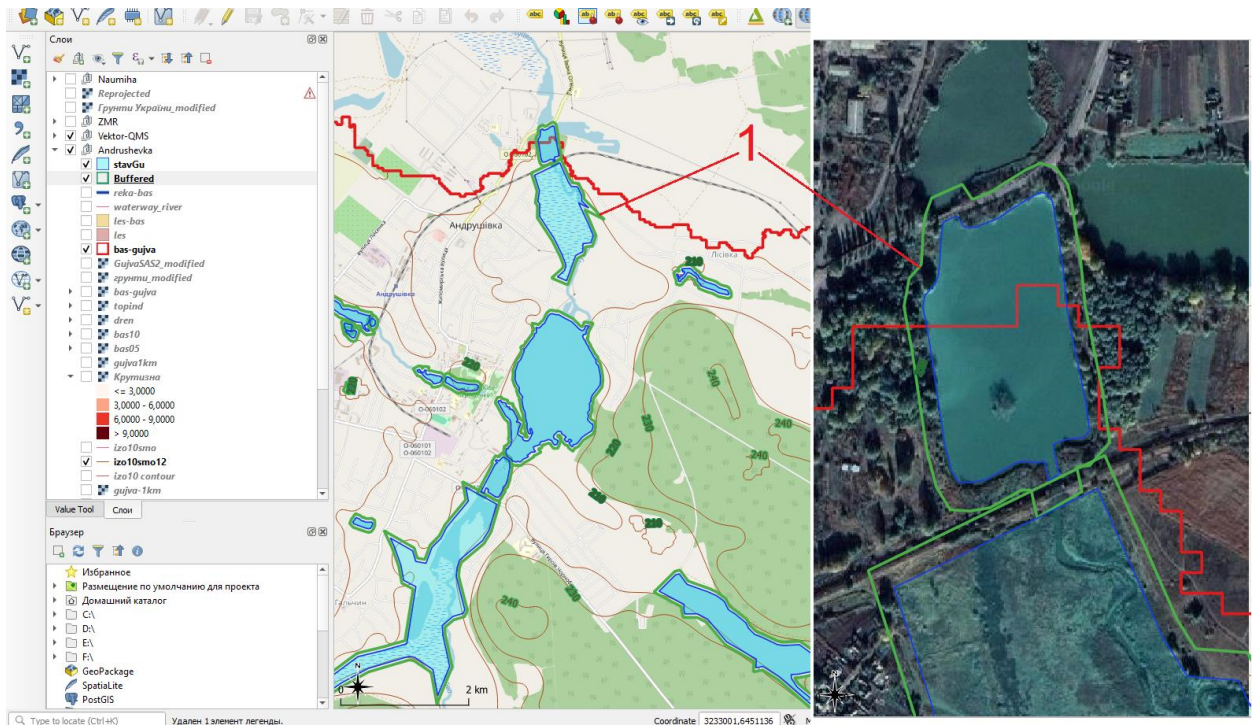


Рисунок 5.7 – Прибережна захисна смуга на досліджуваній частині р. Гуйва в межах м. Андрушівка

В цілому вимоги до мінімальної ширини ПЗС виконуються.

Відповідно до Водного кодексу України [13] «на землях ПЗС та ВЗ необхідно обмежити любую господарчу діяльність окрім гідротехнічного та рекреаційного будівництва».

Ці обмеження та перелік заборон, визначені статтею 87 Водного кодексу України. «Коротко про них:

- 1) не можна використання стійких та сильнодіючих пестицидів;
- 2) не можна внесення добрив з використанням авіації;
- 3) не допускається влаштування кладовищ, могильників худоби, звалищ сміття, полів фільтрації, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, сховищ добрив і пестицидів,
- 4) не допускається влаштування території для захоронення відходів виробництва;
- 5) не допускається розміщення та експлуатація складів нафтопродуктів;
- 6) не допускається влаштування хвостосховищ та накопичувачів стічних вод від тваринницьких ферм і комплексів,

7) дозволяється тільки санітарна рубка дерев і чагарників» [13].

Передбачено також обмеження прав власників земельних ділянок і землекористувачів щодо видів та інтенсивності господарчої діяльності. Зокрема, відповідно до статті 87 Водного кодексу України «.. вздовж річок, морів та навколо озер, водосховищ та інших водойм, де встановлюються водоохоронні зони та прибережні захисні смуги, зовнішня межа яких визначається за спеціально розробленими проектами». Метою влаштування водоохоронних зон, відповідно до кодексу «...є захист водних об'єктів від забруднення, засмічення, збереження їх водності та запобігання руйнування берегів річок, струмків, каналів, ставків» [13].

Також, в статті 111 Земельного кодексу України прописано, що «відомості про обмеження у використанні земель зазначаються у схемах землеустрою і техніко-економічних обґрунтуваннях використання та охорони земель адміністративно-територіальних одиниць», також обмеження вводять в низку проектів спеціального направлення, а саме проектах землеустрою щодо організації і встановлення меж водоохоронних зон, обмежень у використанні земель та їх режиму утворюючих об'єктів, проектах землеустрою еколого економічного обґрунтування сівозміни, проектах землеустрою впорядкування угідь, відведення земельних ділянок».

Підводячи підсумок щодо організації заходів по охороні водних ресурсів, необхідно відмітити, що при розробці водоохоронних заходів від забруднення, є встановлення обмежень у господарському використанні земель сільськогосподарського призначення та «..при встановленні обмежень у використанні земель, які формуються в процесі землеустрою, повинна обов'язково міститися така інформація: — графічне відображення місця розташування водоохоронних зон, прибережних смуг та зон, які мають вплив на забруднення вод; — реєстр (перелік) таких об'єктів і зон; — експлікацію земель водоохоронних зон, прибережних смуг та зон, які впливають на забруднення вод; — зміст прав з обмеженого використання земель; — пропозиції щодо організації, використання й охорони таких земель у межах

водо охоронних зон, прибережних смуг та зон, які мають вплив на забруднення вод» [13].

Всі ці вимоги стосуються досліджуваної території водозбору р. Гуйва.

## ВИСНОВКИ

1. Приведення транспортної інфраструктури до нормативного стану при реконструкції мостів обумовило актуальність теми дипломної роботи – Гідрологічне обґрунтування для реконструкції мосту. В майбутньому це питання буде затребуване при підготовці проектів реконструкції та відновлення мостів в зв'язку зі значною кількістю зруйнованих війною мостів.

2. На основі вивчення довідникових даних проведено їх узагальнення та аналіз природно-кліматичних умов території дослідження. Засобами ГІС встановлені морфометричні характеристики водозбору річки Гуйва.

3. Надана характеристика технічного стану мосту автомобільної дороги О-060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці на р. Гуйва, що ґрунтується матеріалах інженерно-геодезичних, інженерно-гідрологічних вишукувань ТОВ «Топогруп».

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. Визначена ступінь зарегульованості річки до розрахункового створу.

5. Встановлені гідрологічні характеристики максимального стоку : витрати та об'єми повені та дощового паводку. Зокрема перевірна максимальна середньодобова витрата весняної повені 0,5%-вої забезпеченості склала 297 м<sup>3</sup>/с. Вона прийнята як вихідні дані для обґрунтування пропускної здатності підмостового прольоту.

6. Гідравлічними розрахунками встановлені рівні води в підмостовому прольоту при пропуску максимальних витрат. Зокрема: максимальний рівень води на р. Гуйва в створі мосту автомобільної дороги О-060102, при проходженні максимальної витрати дощового паводку 0,5 % забезпеченості

становить 207,33 м Балтійської системи висот. Це значення є основним при визначенні конструкцію перекриття мосту, його висотного положення.

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

8. За укрупненими нормами та ринковою вартістю залізобетонних конструкцій встановлена вартість реконструкції для стадії техніко-економічного обґрунтування проекту, яка склала 4,1 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. Будівництво мосту. Андрушівська громада. URL: [https://www.facebook.com/andrushivkaukraine/?locale=ru\\_RU](https://www.facebook.com/andrushivkaukraine/?locale=ru_RU)
10. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ.: Віпол, 2000. 376 с.
11. Вишневський П.Ф. Зливи та зливовий стік. Київ, Наукова думка, 1964, 291 с.
12. 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)
13. 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).



14. Географічна енциклопедія України. В 3 т. / під. ред. О.М.Маринич. – Київ.: Укр. енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.
15. Гідротехнічні споруди : підручник / за ред. А.Ф. Дмитрієва. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 326 с.
16. Гідрохімія України: підручник / Л.М. Горєв, В.Г. Пелешенко, В.К. Хільчевський. Київ.: Вища школа, 1995. 307 с.
17. 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.).
18. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд, 2008. 72 с
19. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації для будівництва .Київ: Мінрегіон України, 2014. 33 с.
20. 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.
21. 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).
22. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 102 с.
23. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Том II. Українська РСР.
24. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина III. Вітер. Гідрометеоіздат, 1967. 699 с.
25. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина V. Хмарність і атмосферні явища. Гідрометеоіздат, 1969. 644 с.

26. ДСТУ 3008–2015. Державний стандарт України. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 2015. 37с.
27. Карта ґрунтів України. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/yanvar-2014-god/kartoteka-agrariya-karta-g-runtiv-ukrayini/>
28. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений : уч.пос. Киев: Высшая школа, 1987. 253 с.
29. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Липінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
30. Корнус А. О. Фізична географія України (загальні закономірності природи) : навчальний посібник. – Суми : Інститут стратегій інноваційного розвитку і трансферу знань, 2022. – 128 с. URL: [https://repository.sspu.edu.ua/bitstream/123456789/12599/1/Kornus\\_FGU\\_%D0%A7.1.pdf](https://repository.sspu.edu.ua/bitstream/123456789/12599/1/Kornus_FGU_%D0%A7.1.pdf)
31. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям : учебник / под. ред. В.С. Лапшенкова. Агропромиздат, 1989. 448 с.
32. Лекції по штучним спорудам транспортної інфраструктури . Львів. Львівська політехніка. URL: <https://studfile.net/preview/7516846/page:12/>
33. Литовченко А.Ф. Инженерная гидрология и регулирование стока: учебное пособие . Днепропетровск: ДДАУ, 1993.
34. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
35. Лозовіцький П.С., Молочко А.М. Формування стоку та екологічний стан води річки Гуйва // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-соціальні науки. 2018. Вип. 2 (38). С. 21-26.
36. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: підручник. Київ: Знання, 2005. 511 с. URL: [https://shron1.chtyvo.org.ua/Marynych\\_Oleksandr/Fizychna\\_heohrafiia\\_Ukrainy.pdf?](https://shron1.chtyvo.org.ua/Marynych_Oleksandr/Fizychna_heohrafiia_Ukrainy.pdf?)

37. 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>
38. Нестерчук І. К. Ландшафтно-типологічна структура території Житомирської області / Фізична географія та геоморфологія. 2016. Вип. 1 (81). С. 41–52. URL: [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/6166/1/FGG\\_2016\\_1\\_4\\_1-52.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/6166/1/FGG_2016_1_4_1-52.pdf)
39. Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація». Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія». URL:<https://drive.google.com/file/d/1OR7z3fkfoZ7HncEWnotT3LN4x62EfXct/view>
40. 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)
41. ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА МОСТІВ. URL: <https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2015/02/npraop-45.21-1.03-98u.doc>
42. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока// Под. ред. Е.Е. Овчарова. Агропромиздат, 1988. 224 с.
43. 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>
44. Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>).
45. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Т.6. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье / под ред. М.С. Каганера. Гидрометеиздат, 1971. 656 с
46. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.

47. Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. Київ : Вища школа, 1984. 344 с.
48. Технічний звіт про інженерно-гідрологічні вишукування на об'єкті: «Розробка проектної документації по реконструкції автомобільної дороги загального користування обласного значення О-060102 Андрушівка – Червоне – Закутинці , на ділянці км 35+000 – км 55+510». ТОВ «ТОПОГРУП», 2021.
49. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. А.М.Маринича. Киев: Издат. Киевского ун-та, 1968. 684 с.
50. Цифрова модель рельєфу USGS [Роздільна здатність : 30 м]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
51. Методика з визначення меж водоохоронних зон, прибережних захисних смуг і смуг відведення з особливим режимом використання (з урахуванням проекту змін до Водного Кодексу України)/ Шевчук С.А., Козицький О.М. Київ : ІВПіМ, 2016. 42 с.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

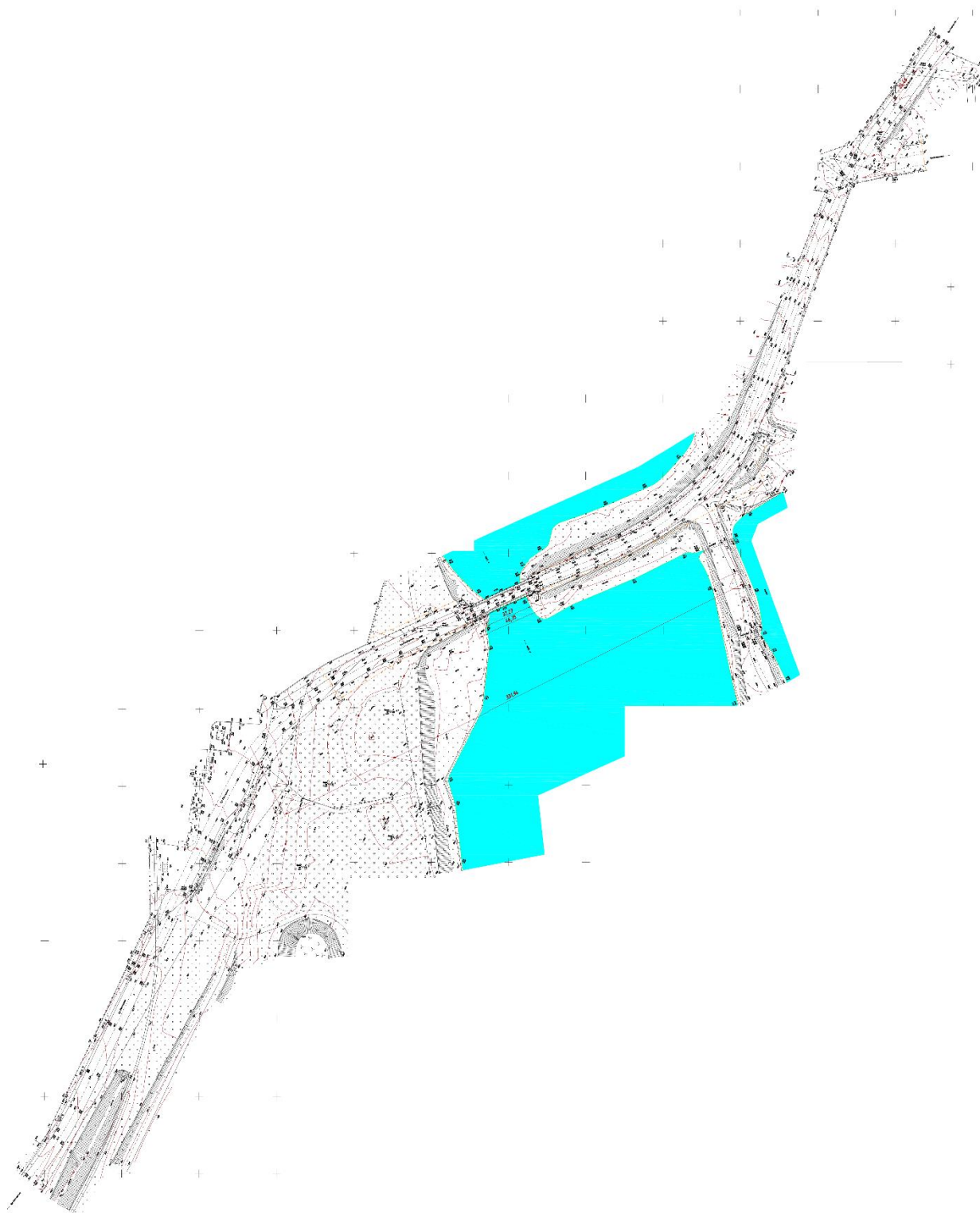


Рисунок А.1 – Результати інженерно-геодезичних вишукувань ділянки реконструкції мосту на р. Гуйва [48]

Найменування показників		р. Гуйва	
№ створу (ставка)		0	
Площа басейну $F$ ,	км <sup>2</sup>	806,8	
Довжина водотоку $L$ ,	км	53,2	
Відстань від гирла,	км		
Падіння ріки $H$ ,	м	90	
Інтенсивність водовіддачі $a_m$ ,	мм/год	7,0	
Коефіцієнт форми та шорсткості русла $a$ , (табл. 85)	км/добу	6	
Швидкість добігання хвилі повені $v=aH^{1/3}$	км/добу	26,9	
Тривалість добігання хвилі повені $t=L/v$ ,	діб	1,98	
Тривалість водовіддачі від сніготанення $t_c$ , (рис.49)(рис.45)	діб	4,60	
Співвідношення $n=t/t_c$ ,		0,43	
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 $t<1$		0,188	
Площа лісів в басейні $f_n$ ,	км <sup>2</sup>	101,5	
Площа боліт в басейні $f_b$ ,	км <sup>2</sup>	0	
Коефіцієнт складу лісів $a$ ,		0,85	
Коефіцієнт підвищення часу водовіддачі за рахунок залісеності та заболоченості $m=1+af_n/F+f_b/F$		1,11	
Умовний час початку віддачі стоку: - у витoku ріки $T_u$ , (рис. 50)	діб	2,60	
- в розрахунковому створі ріки $T_c$ , (рис. 50)	діб	3,0	
Тривалість неодночасності віддачі стоку $t_n=T_u-T_c$ ,	діб	-0,4	
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності сніготанення $\gamma=(t_c+t)/(mt_c+t+t_n)$		0,99	
Регулюючий об'єм водосховища $W_1$ ,	млн. м <sup>3</sup>	10,00	
Водозбірна площа водосховища $f_1$ ,	км <sup>2</sup>	800	
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_1=0,001h_{p1\%}f_1$ ,	млн. м <sup>3</sup>	112,0	
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $\gamma_1=1-(W_1/S_1)[1-(1-f_1/F)^{0,75}]$		0,91	
Регулюючий об'єм водосховища $W_2$ ,	млн. м <sup>3</sup>	10	
Водозбірна площа водосховища $f_2$ ,	км <sup>2</sup>	300	
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S_2=0,001h_{p1\%}f_2$ ,	млн. м <sup>3</sup>	42	
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $\gamma_2=1-(W_2/S_2)[1-(1-f_2/F)^{0,75}]$		0,93	
Сумарний коефіцієнт зарегулювання водосховищами, $\gamma=\gamma_1\gamma_2$		0,85	
Максимальна витрата $Q_{1\%}=0,28a_mjF\gamma t_1$ ,	1%	м <sup>3</sup> /с	249,17
Забезпеченість, $P$ , %/модульний коефіцієнт, $l$ ,	3%	0,75	186,88
	5%	0,64	159,47
	10%	0,47	117,11
	25%	0,25	62,29
	0,5 %	1,19	296,51
Шар стоку повені 1 % забезпеченості $h_{p1\%}$ , (рис.48)		мм	140
Об'єм стоку повені $W_{1\%}=0,001h_{p1\%}F$ ,	1%	млн. м <sup>3</sup>	102,95
Забезпеченість, $P$ , %/модульний коефіцієнт, $l$ ,	3%	0,73	75,15
	5%	0,59	60,74
	10%	0,37	38,09
	25%	0,16	16,47
	0,5 %	1,18	121,48

Рисунок Б.1 – Результати розрахунку максимальних витрат весняних повеней для р. Гуйва (авторська програма керівника магістерської роботи)

