

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії
доцент _____ Андрій ТКАЧУК
«_____» червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

на тему **Проект гідротаранної установки подачі технічної води на
птахофабрику біля села Голубівка Самарівського району
Дніпропетровської області**

Виконала: студентка 5 курсу,
групи ГТБз-1-21
Спеціальність – 194 "Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології"
Освітньо-професійна програма "Водна
інженерія та водні технології"

Марія СНІТЬКО

Керівник : доц. Володимир КОВАЛЕНКО

Рецензент

: _____
(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2026

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

З А Т В Е Р Д Ж У Ю :
Зав. кафедрою водогосподарської
інженерії
_____ Андрій ТКАЧУК
« _____ » квітня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студентіві
Снітько Марії Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проєкту:

**Проект гідротаранної установки подачі технічної води на
птахофабрику біля села Голубівка Самарівського району
Дніпропетровської області**

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

затверджена наказом по агроуніверситету від «24» квітня 2026 р. № 816

1. Термін здачі студентом закінченого проєкту : «16» червня 2026 р.

2. **Вихідні дані до роботи** 1. План водозбору досліджуваної території в горизонталях. 2. Збірна відомість водойм та гідротехнічних споруд на водозборі р. Кільчень. 4. Матеріали довідників з кліматичних, гідрологічних, геологічних та гідрогеологічних х-ках району проєктування. 5. Інтернет ресурс –теорія і практика гідротарану. Дані дистанційного зондування Землі.

3. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ. 1. Природно-кліматичні умови на території проєктування (водозбір р. Кільчень); 2. Гідрологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки для розрахункового водозбору. 3. Гідротаран як альтернативна енергія. 4. Розрахунок конструкції гідротарану. 5. Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього. Висновки

4. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1.Презентація в PowerPoint. 2. Результати геопросторового аналізу в ГІС QGIS – презентація основного картографічного матеріалу. Технічні креслення

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «_11_» _жовтня_ 2025_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Вступ. 1. Природно-кліматичні умови на території проєктування (водозбір водосховища);	02.26	
2	Гідрологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки для розрахункового водозбору	03.26	
3	<u>Гідротаран як альтернативна енергія</u>	04.26	
4	Розрахунок конструкції гідротарану.	05.26	
5	Висновки. Креслення. Презентація в PowerPoint та QGIS	05.06.26	
6	Поточний контроль виконання ДП за планом	До 15.06.2026 р.	
7	Перевірка на збіги. Передзахист ДП на кафедрі	16.06.2026 р.	
	Представлення ДП на рецензію	25.06.2026 р.	

Студент-дипломник _____ Снітько М.В.
(підпис)

Керівник проєкту _____ / Коваленко В.В.

РЕФЕРАТ

Зміст містить 78 ст. в т.ч. табл. 12, рисунків 14, додатків 3, використаних літературних джерел 43.

Об'єктом дослідження - є явище гідроудару і його використання в гідроенергетиці шляхом влаштування гідротаранної установки.

Предметом досліджень є обґрунтування конструктивних особливостей гідротаранної установки на водоскиді ставка на річці Домоткань.

Мета роботи – проектування гідротарану, пояснити можливість його використання на водозаборі греблі Копилового ставка при заповненні накопичувальних резервуарів, завдяки подачі води до птахоферми.

Для візуалізації гідротехнічних об'єктів використані картографічні сервіси Google Earth, ESRI World Imagery, USGS.

Креслення та рисунки виконано в ГІС з відкритим кодом QGIS.

Область застосування. Використання явища гідроудару з розвитком різних інноваційних систем у гідроенергетиці та інших потреб людей, як альтернативне джерело енергії.

Ключові слова: Гідротаран, водоскидна споруда, технічна вода.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОБГРУНТУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ.....	9
1.1 Обґрунтування заходів для подачі технічної води	9
1.2 Характеристика Голубівської птахофабрики.....	12
1.3 Визначення необхідних обсягів технічної води для птахофабрики	14
2 ГІДРОЛОГІЧНІ ТА ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ВОДОЗБОРУ ПРИ СЕЗОННОМУ РЕГУЛЮВАННІ СТОКУ	16
2.1 Визначення характеристик водозбору річки Кільчень до створу ставка Копиловий.....	16
2.2 Визначення річної норми стоку з водозбору	17
2.3. Розрахунок річного стоку заданої забезпеченості.....	21
2.4. Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку заданої забезпеченості.....	24
2.5. Розрахунок топографічних характеристик для розрахункового створу	25
2.6. Обґрунтування об'ємів санітарних попусків води для розрахункового створу	27
2.7. Розрахунок сезонного регулювання з врахуванням втрат та корисного водозабору.....	30
3. ГІДРОТАРАН ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ЗАСІБ ВОДОПОДАЧІ ТА ОЦІНКА ЗРОШУВАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СТАВКА.....	38
3.1. Загальні відомості про гідротаран. Історія екскурсу.....	38

3.2. Загальний опис пристрою гідравлічного тарану. Принцип роботи....	39
3.3 Гідравлічний розрахунок гідротарану	47
4. КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ ГІДРОТАРАНУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОЗАБОРУ ТА ВОДОПОДАЧІ З СТАВКА.....	51
4.1 Конструкція забірною оголовка гідротарану	51
4.2. Монтажна схема гідротарану та об'єми робіт	53
4.3. Наладка та пуск таранної установки.....	53
4.4. Регулювання роботи тарана	56
4.5. Ознаки несправності нагнітального і ударного клапанів	59
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64
ДОДАТКИ.....	69

ВСТУП

Екологія, забруднення навколишнього середовища, забруднене довкілля, у наш час ми все частіше чуємо ці слова. Та мало кого турбують ці питання. Зараз усе людство страждає від проблем забруднення навколишнього середовища і ця ситуація постійно погіршується. Замислюючись над проблемами світу в екологічному аспекті, перше що потрібно робити, це дбати про чистоту території, де ти проживаєш.

Людство на протязі століть в різних механічних пристроях використовує енергію падаючої води, і в тому числі, для того, щоб одержати електроенергію. Гідроелектростанції, зведені на деяких річках, беззупинно працюють десятки років. Мабуть через це, більшість людей спростовують той факт, що є можливість існування або існування принципово нового енергоджерела «від води». З загальної точки зору, трансформація потенціальної енергії води в кінетичну (необхідну, щоб щось оберталось), відбувається сама собою. Для цього досить використати природний перепад висот річки або штучно її створити там, де це можливо. При цьому зрозуміло, що вода повинна текти обов'язково вниз, тобто за похилом. Ясно і те, що енергія води залежить від перепаду рівнів течії. Здавна існує ціла наука «гідроенергетика», яка вивчає використання енергії води. Однак природа піднесла нам в падаючій воді не тільки джерело безкоштовної енергії, але і елементарний спосіб перетворення природної гравітаційної енергії. Адже з точки зору фізики, потенційна енергія води і є акумульована в ній гравітаційна енергія. Цей спосіб є, насамперед, фізичним явищем. Раз так, то слід зазначити, що в навколишньому дзеркально симетричному світі кожне фізичне явище існує, як би в двох взаємно протилежних формах.

Енергозбереження – це проблема глобальних масштабів, як і більшість екологічних питань, що викликають стурбованість людства сьогодні. Вона гостро актуальна для України, адже енергоносії транспортують переважно з

інших країн. Тому проблема з енергозбереженням та енергоефективністю є дуже актуальною. Зважаючи на це, обрана тема роботи є, безсумнівно, актуальною.

Об'єкт досліджень це – явище гідроудару і його використання гідроенергетиці.

Предметом досліджень буде обґрунтування конструктивних особливостей гідротаранної установки на водоскиді ставка на річці Домоткань.

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

Мета проекту є - проектування гідротарану, пояснити можливість його використання на водозаборі греблі Копилового ставка при заповненні накопичувальних резервуарів, завдяки подачі води до птахоферми.

Завдання проекту – це проаналізувати стан і застосувати енергію гідротарану на даному підприємстві та виконати розрахунки таких параметрів:

Гідрологічні – обчислення об'ємів води на водосховищі.

Водогосподарські – обчислення рівневого режиму для обґрунтування конструкції вхідного оголовка гідротарану.

Обґрунтування конструктивних особливостей гідротарану.

Розрахунок об'ємів робіт та економічної ефективності установки.

Результатом досліджень матимемо готову запроєктовану гідротаранну установку, які буде забезпечувати технічною водою птахівницький комплекс.

Як вихідні матеріали використано відкриті картографічні та геоінформаційні ресурси, зокрема ESRI World Imagery [1], Google Earth Pro [2], USGS [42], багаторічні довідкові дані щодо кліматичних і гідрологічних умов території дослідження [34], а також науково-практична література по використанню гідротарану, як установки відновлювальної енергії.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ

Від раціонального використання землі і водних ресурсів залежить розвиток галузей сільськогосподарського виробництва. Аналіз та мобілізація внутрішніх резервів використання місцевих водних ресурсів для вирощення птиці розглянуто в даному розділі.

1.1 Обґрунтування заходів для подачі технічної води

Водні ресурси верхів'я басейну р. Кільчень доволі значні по відношенню до середній в регіоні (рис.1.1). Зокрема, за даними [34] модуль стоку з досліджуваної території перевищує $1,5 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$ в той час як для регіону в середньому не перевищує $1,0 - 1,2 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$. Якість вод, як буде показано нижче, відповідає категорії «умовно придатні» для постачання технічної, що не виключає її використання саме з цією метою.

В регіоні практично не розвинене постачання технічної води через відсутність коштів для реалізації навіть незначних проєктів та їх експлуатації в подальшому, через відсутність надійних потужних джерел води.

Тому одним з можливих варіантів використання води є так зване «мале» водопостачання, яке доцільне для вирощування в невеликих об'ємах при використанні простих і найбільш мало енергетично затратних.

Де ж взяти енергію для водопідйому без значних затрат? Виявляється є рішення – це використання енергії води, енергії гідравлічного удару шляхом влаштування гідротаранної установки. Класичний гідравлічний таран залишається надзвичайно простим, невибагливим і дуже незвичайним пристроєм, який абсолютно незаслужено майже забутий останнім часом.

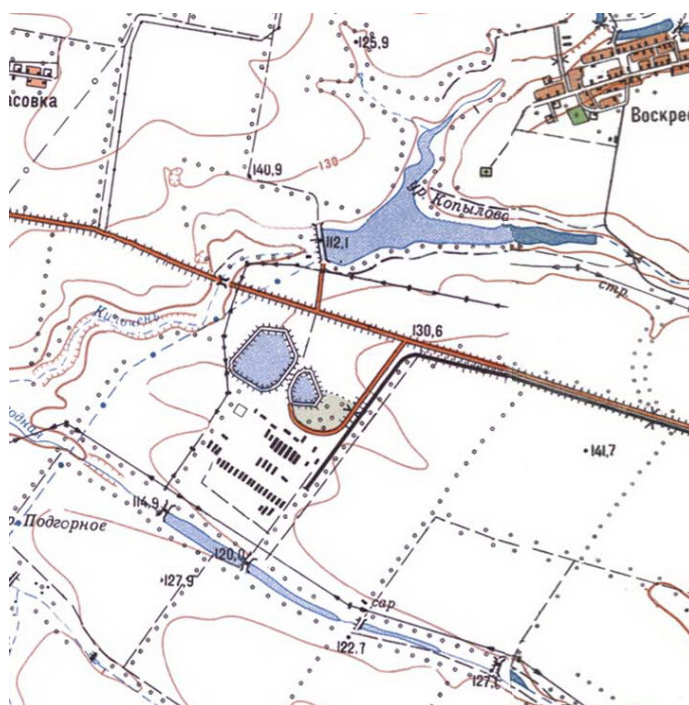


Рисунок 1.1 – Місцезнаходження Голубівської птахофабрики та ставка Копиловий

Всі передумови для його використання є. Це :

1. Постійне джерело води - ставок Копиловий Новомосковського району Дніпропетровської області;
2. Наявність водоскидної вертикальної шахти водоскиду як найкраще місце влаштування вхідного оголовка гідротарану ;
3. Відносно невеликий водопідйом до потенційної ділянки водопостачання:

Основними водними об'єктами, на які здійснює вплив планова діяльність, є ставок в верхів'ї річки Кільчень. Водозбір має площу басейну 54,8 км². Ставок Копиловий, площею водного дзеркала 48 га (рис.1.2). За даними обласного управління водних ресурсів об'єм дорівнює 1,54млн м³ [24].Вище річки Кільчень знаходиться цілий каскад малих ставків біля с.Голубівка.

Середньобагаторічний стік в ставкові складає 3,5 млн. м³/рік, в гостропосушливий рік 95 % забезпеченості- 1,51 млн. м³/рік.



Рисунок 1.2 – Ставок Копиловий. На греблі. Фото 12.07.2014 р. [2].

Таким чином, використання місцевих водних ресурсів шляхом водопідйому гідротараном для оптимальних об'ємів водоподачі— основна мета мого проєкт

Сільське господарство є одним із найбільших водоспоживачів. У сільськогосподарському виробництві щороку використовується від 20 до 40 % загального водоспоживання, що значною мірою визначає перспективи використання води в тому чи іншому районі та напрям необхідних водогосподарських заходів. У розрахунку на одного мешканця припадає 0,82 га сільськогосподарських угідь, серед яких 0,65 га ріллі, тоді як у середньому по Європі ці показники становлять відповідно 0,44 і 0,25 га. Розораність сільсько-господарських угідь досягла 72 %, а в деяких регіонах перевищує 88 %. До обробітку залучені малопродуктивні угіддя, включно з прирусловими луками, пасовищами та схиліві землі. Якщо Україна в Європі охоплює 5,7 % території, то її сільськогосподарські угіддя – 18,9 %, а рілля – 26,9 %. Ефективність використання земель в Україні значно нижча, ніж у середньому по Європі.

Основними водоспоживачами в сільському господарстві є зрошення, обводнення і сільськогосподарське водопостачання тваринницьких ферм, тракторних парків та ін. На відміну від промисловості, де можлива інколи заміна води в технологічному процесі, в сільському господарстві її замінити не можна.

Користування водами для потреб сільського господарства згідно зі статтею 65 «Особливості спеціального водокористування та користування водними об'єктами для потреб сільського і лісового господарства» Водного кодексу України [11] здійснюється у порядку як загального, так і спеціального водокористування.

Крім зрошення, велика кількість води витрачається на сільськогосподарське водопостачання, зокрема тваринницьких ферм, для напування тварин, промивки молочного устаткування, приготування кормів, гідроприбирання, санітарно-гігієнічних і господарсько-побутових потреб обслуговуючого персоналу

Воду, яку ми будемо постачати буде спрямовано на технічний обробіток території, корпусів і таке інше. Проектом підготовка води до певної якості (вміст солей, рН, жорсткість і т.д.) не передбачена.

1.2 Характеристика Голубівської птахофабрики

Птахофабрика «Голубівська» - серце бройлерного бізнесу ТОВ «АГРО-ОВЕН» (рис.1.3). Вона знаходиться на території Новомосковського району Дніпропетровської області [32].

Після проведення масштабної модернізації птахокомплекс «Голубівська» став одним із найбільших підприємств галузі в Україні. Нині до його складу входять 54 пташники, розташовані на п'яти виробничих майданчиках, що забезпечують річний обсяг вирощування до 38,5 тис. тонн м'яса птиці у живій вазі.

Підприємство оснащене сучасним обладнанням від нідерландської компанії VDL, що дозволяє ефективно організовувати всі виробничі процеси. Кожен майданчик має автономну інфраструктуру, поділ на чисту та брудну зони, власний склад комбікормів і мінілабораторію для проведення оперативних технологічних досліджень.

Усі основні операції автоматизовані: подача кормів і води, підтримання оптимального мікроклімату та контроль функціонування обладнання. Завдяки цьому один працівник може обслуговувати до п'яти пташників одночасно. Перше заселення курчат на підприємстві відбулося у лютому 2008 року.

Сьогодні на фабриці одночасно утримується понад 2,3 мільйона бройлерів. На забій птиця надходить у віці близько 43 днів, досягаючи середньої живої маси 2,64 кг.

Птахокомплекс функціонує за принципом закритого виробництва з дотриманням високих стандартів біобезпеки. Комплексна система ветеринарного та зоотехнічного супроводу сприяє отриманню якісної та безпечної продукції.



Рисунок 1.3 – Голубівська птахофабрика [32]

1.3 Визначення необхідних обсягів технічної води для птахофабрики

Для забезпечення виробничої діяльності та технологічних операцій на птахофабриці «Голубівська», розрахованій на вирощування до 10 млн бройлерів на рік, добова потреба у воді становить орієнтовно 500–800 м³. Фактичний обсяг водоспоживання визначається віком птиці, сезонними умовами та інтенсивністю санітарно-гігієнічних заходів.

Основна частина води використовується для напування поголів'я. З урахуванням технологічного циклу на підприємстві одночасно утримується близько 1,5–1,8 млн голів птиці. Середнє добове споживання води одним бройлером становить 150–250 мл, що відповідає приблизно 1,8 мл води на кожен грам спожитого корму. Таким чином, загальна потреба у воді для напування птиці сягає 300–450 м³ на добу.

Крім забезпечення фізіологічних потреб поголів'я, значні обсяги води використовуються для технологічних процесів. До них належать миття та дезінфекція виробничих приміщень після завершення кожного циклу вирощування, робота систем випаровувального охолодження в теплий період року, а також забезпечення господарсько-побутових потреб персоналу та функціонування допоміжного обладнання.

На зазначені технологічні операції додатково витрачається близько 40–50 % від обсягу води, необхідної для напування птиці, що становить приблизно 200–350 м³ на добу. Отже, сумарне добове водоспоживання підприємства може досягати 800 м³ залежно від виробничого навантаження та умов експлуатації.

Для проведення санітарної обробки сучасного пташника, розрахованого на утримання 30–50 тис. бройлерів, зазвичай використовується від 10 до 20 м³ технічної води на один цикл очищення та дезінфекції після завершення вирощування партії птиці.

У перерахунку на весь виробничий цикл витрати технічної води становлять у середньому 0,5–1,0 л на одну голову птиці. Цей обсяг охоплює не лише санітарні заходи, а й інші технологічні процеси, необхідні для підтримання належних умов утримання поголів'я.

Основна частка водоспоживання припадає на миття виробничих приміщень та технологічного обладнання. Для очищення підлоги, стін, стелі, систем годівлі та напування застосовують апарати високого тиску, що забезпечують ефективне видалення органічних забруднень. Залежно від площі та конструктивних особливостей пташника на очищення поверхонь витрачається приблизно 200–300 мл води на 1 м².

Важливим напрямом використання технічної води є приготування робочих розчинів дезінфекційних засобів. Після механічного очищення приміщення обробляють спеціальними препаратами, які розводяться водою відповідно до технологічних регламентів.

У теплий період року додаткові витрати води пов'язані з роботою систем мікроклімату. Для підтримання оптимальної температури використовуються установки туманоутворення та випаровувального охолодження, які забезпечують зниження теплового навантаження на птицю.

Обсяг споживання технічної води залежить від низки чинників. Зокрема, значний вплив мають тип і стан підлогового покриття, рівень забруднення приміщень після завершення виробничого циклу, а також ефективність застосованого мийного обладнання. Використання сучасних високонапірних систем очищення дозволяє скоротити витрати води та підвищити якість санітарної обробки виробничих об'єктів.

Таким чином, при виробництві: до 38 тис. т м'яса птиці на рік (середня кількість курчат - 15 млн. шт; 6-7 турів за рік) і нормі водоспоживання технічної води на 1 од. – 0,5-1,0 л/гол, потреба в технічній воді на рік складе 15-20 тис. м³.

2 ГІДРОЛОГІЧНІ ТА ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖУВАНОГО ВОДОЗБОРУ ПРИ СЕЗОННОМУ РЕГУЛЮВАННІ СТОКУ

При проєктування об'єктів птахівництва – це визначення можливостей місцевого стоку для забезпечення проведення технологічних операцій на птахофабриках. При цьому нормативна забезпеченості водоподачі в першу чергу буде визначена або обмежена водністю водотоку. В той же час проєктування водозабірної установки на «високу» забезпеченість (10 – 60%) як правило буде не рентабельним. Тому в проєкті при проєктуванні гідротаранної установки прийнятий рік 75%-вої забезпеченості.

В задачу розрахунків також ставимо визначення можливих варіантів роботи гідротарану, визначення санітарних попусків води протягом року і для інших значень забезпеченості річного стоку.

2.1 Визначення характеристик водозбору річки Кільчень до створу ставка Копиловий

Ставок Копиловий розташований в верхів'ї річки Кільчень. Площу водозбору до створу греблі ставка встановили за цифровою моделлю рельєфу (ЦМР) [42] в QGIS [3] за використання модулів SAGA та GRASS. Рельєф також побудований за ЦМР і наведений на рис.2.1. Відмітки поверхні землі в нижньому б'єфі по річці становлять 104 м. Максимальні відмітки – 173 м. Площа водозбору склала 129,6 км².

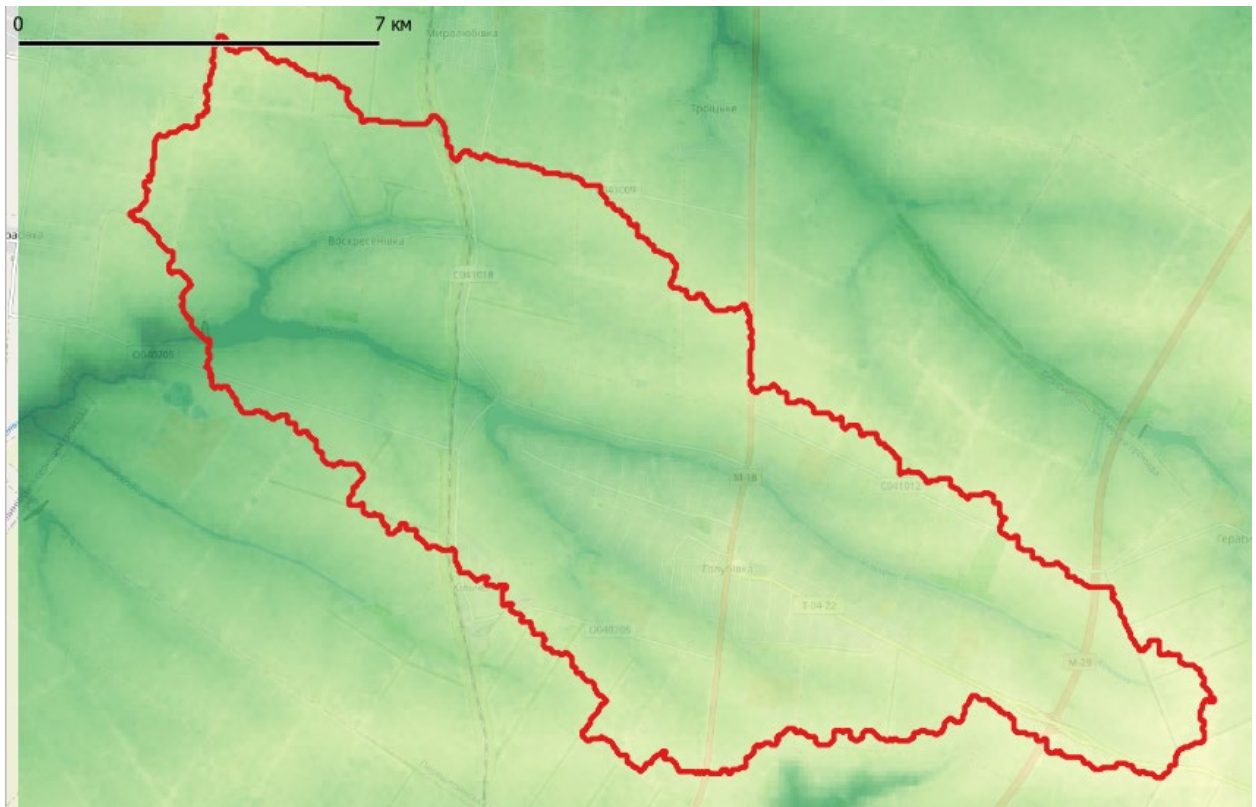


Рисунок 2.1 – Площа водозбору ставка Копиловий та рельєф території

Відносно велика розчленованість території балками, що зумовило густу мережу балок і водотоків. На водозборі, окрім ставка Копиловий, влаштовані ще 11 ставків значно менших розмірів.

2.2 Визначення річної норми стоку з водозбору

За норму річного стоку прийнято вважати «середнє його значення за багаторічний період, який включає декілька (не менше двох) повних циклів коливань водності при незмінних фізико-географічних умовах» [27].

Середню багаторічну витрату стоку річки визначають за формулою

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.1)$$

де Q_i - середня річна витрата з порядковим в ряду спостережень номером i ; n – число років гідрометричних спостережень, тобто число членів статистичного ряду.

Площа розрахункового водозбору (ставок на р. Кільчень біля села Голубівка) склала 129 км². Як **аналог** для розрахункового водозбору виберемо водозбір р. Кільчень в створі с. Олександрівка. Площа водозбору його складає 456,6 км².

За даними спостережень (1976-2000 рр.) на р. Кільчень на цьому вод посту (табл.2.1) норма річкового стоку становить $Q_0=0,595$ м³/с.

Для оцінки точності обчислення середнього багаторічного значення стоку знаходять відносну середню квадратичну похибку одержаної величини витрати за формулою

$$\sigma_{Q_0} = \frac{C_v \cdot 100}{\sqrt{n}}, \quad (2.2)$$

де C_v – коефіцієнт варіації річного стоку; n – кількість членів ряду, тобто років.

Коефіцієнт варіації є величиною безрозмірною та обчислюється за формулою

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}} \text{ при } n \leq 30 \text{ років} \quad (2.3)$$

де K_i – модульний коефіцієнт річного стоку.

Розрахунки проводять за даними табл. 2.1.

Коефіцієнт варіації дорівнює $C_v = (3,279 / 24)^{0,5} = 0,37$.

Відносна середня квадратична похибка величини витрати

$$\sigma_Q = 100 \cdot 0,37 / (25)^{0,5} = 7,4 \text{ \%}.$$

Модуль стоку M , л/(с·км²) – кількість води в літрах, або, що стікає за секунду з квадратного кілометра площі водозбору, - визначається за формулою

$$\begin{aligned} M &= \frac{Q \cdot 10^3}{F} \\ \text{або} \quad q &= \frac{Q}{F}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

де F – площа водозбору, км².

Таблиця 2.1 - Середні річні витрати води і обчислення параметрів кривої забезпеченості р.Кільчень (водомірний пост біля села Олександрівка)

№ п/п	Рік	Q _i сер, м ³ /с	Q _i сер, у зменшеному порядку	K _i =	K _i -1	(K _i -1) ²	Забезпеченість, %,
1	1976	0,51	1,03	1,727	0,727	0,528	3,85
2	1977	0,73	0,95	1,592	0,592	0,350	7,69
3	1978	0,95	0,93	1,557	0,557	0,310	11,54
4	1979	1,03	0,91	1,533	0,533	0,284	15,38
5	1980	0,85	0,85	1,429	0,429	0,184	19,23
6	1981	0,81	0,81	1,367	0,367	0,134	23,08
7	1982	0,93	0,73	1,228	0,228	0,052	26,92
8	1983	0,65	0,69	1,158	0,158	0,025	30,77
9	1984	0,25	0,68	1,139	0,139	0,019	34,62
10	1985	0,91	0,65	1,100	0,100	0,010	38,46
11	1986	0,54	0,60	1,002	0,002	0,000	42,31
12	1987	0,60	0,56	0,945	-0,055	0,003	46,15
13	1988	0,50	0,54	0,900	-0,100	0,010	50,00
14	1989	0,45	0,53	0,890	-0,110	0,012	53,85
15	1990	0,36	0,51	0,850	-0,150	0,023	57,69
16	1991	0,29	0,50	0,834	-0,166	0,028	61,54
17	1992	0,35	0,47	0,792	-0,208	0,043	65,38
18	1993	0,39	0,46	0,779	-0,221	0,049	69,23
19	1994	0,41	0,45	0,753	-0,247	0,061	73,08
20	1995	0,53	0,41	0,682	-0,318	0,101	76,92
21	1996	0,56	0,39	0,649	-0,351	0,123	80,77
22	1997	0,68	0,36	0,599	-0,401	0,161	84,62
23	1998	0,69	0,35	0,588	-0,412	0,169	88,46
24	1999	0,46	0,29	0,482	-0,518	0,268	92,31
25	2000	0,47	0,25	0,425	-0,575	0,330	96,15
Сума	25	14,87		25,000	0,000	3,279	

Для нашого прикладу модуль стоку $M = 1000 * 0,595 / 456,6 = 1,3$ л/(с•км²)

Уточнюємо модуль стоку для розрахункового водозбору. При відсутності паралельних спостережень з основним вод постом скористаємось картами ізоліній стоку [34] та поправками до цих карт на площу водозбору [36] .

З карти ізоліній стоку $M_0=1,2 \text{ л/с*км}^2$ [34]. Розраховане значення склало $1,3 \text{ л/с*км}^2$, тобто близьке до картографічного. Співвідношення $k_1=1,3/1,2=1,1$, а по таблиці [36] $k_2=1,2$, тобто завищене.

Для розрахункового водозбору площею 129 км^2 поправочний коефіцієнт з таблиці [36] дорівнює $k_3=1,4$, а з врахуванням даних по водозбору р. Кільчень в створі с. Олександрівка складе $k_4=k_3 \cdot k_1 / k_2=1,4 \cdot 1,1 / 1,2=1,28$.

Тоді уточнене значення модуля стоку для розрахункового водозбору складе

$$M_p=M_0 \cdot k_4 / k_1=1,3 \cdot 1,28=1,67 \text{ л/с*км}^2.$$

Коефіцієнт варіації річного стоку для розрахункового водозбору визначається за методом аналогій за формулою Воскресенського[36]

$$C_v = \frac{A}{M^{0,4} \cdot (F + 1000)^{0,1}} \quad (2.5)$$

При цьому параметр A формули (3.5) визначимо зворотним шляхом для водозбору р. Кільчень в створі с. Олександрівка.

$$A=0,37 \cdot 1,3^{0,4} \cdot (457+1000)^{0,1}=0,85$$

$$\text{Тоді } C_v=0,85/(1,67^{0,4} \cdot (54,8+1000)^{0,1})=0,35.$$

Використаємо спрощений підхід до визначення стоку з розрахункового водозбору, а саме – пропорційно площам водозбору при збереженні модуля стоку та функції розподілу стоку всередині року.

Такий підхід можливий, адже ми не будемо визначати граничні максимальні витрати, а лише ймовірні об'єми стоку в роки забезпеченістю 10-90%.

Таким чином, середній багаторічний об'єм річного стоку W_0 , $\text{м}^3/\text{год}$ (кількість води, що стікає з водозбору за рік) з врахуванням аналога обчислюється за формулою

$$W_0 = M \cdot F \cdot T, \quad (2.6)$$

де T – кількість секунд за рік ($T=864000 \cdot 365=31,54 \cdot 10^6$);

F – площа розрахункового водозбору;

M – модуль річного стоку.

Для нашого випадку значення об'єму стоку за рік буде

$$W_0 = 1,67 * 31,54 * 129 = 2,89 \text{ млн.м}^3.$$

Середньорічна витрата вкладе $Q = 1,67 * 129 / 1000 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

На визначені параметри стоку для розрахункового водозбору (Q , C_v) вихідний ряд середньомісячних витрат змодельований за даними стоку по створу р. Кільчень в селі Олександрівка (додаток А).

2.3. Розрахунок річного стоку заданої забезпеченості

Забезпеченістю гідрологічної величини називається ймовірність того, що розглянуте значення гідрологічної величини може бути перевищено серед сукупності всіх можливих її значень.

Для р. Кільчень в створі ставка в с. Голубівка розраховуємо річний стік 50,75, 85 та 95 %-ної забезпеченості для виявлення режиму стоку та визначення можливих об'ємів водозабору за допомогою гідро тарану.

Для цього потрібно: побудувати емпіричну криву забезпеченості; визначити параметри теоретичної кривої забезпеченості (Q_0 , C_v та C_s); обчислити ординати теоретичної кривої забезпеченості; побудувати теоретичну криву та визначити річний стік 75 % - ної забезпеченості.

У табл. 2.1 середньорічні витрати води Q_i сер розміщуємо в спадаючому порядку.

За даними K_i та P , % (див. табл. 2.1) будуємо криву трьох параметричного гама розподілу (рис. 2.2). Це і є емпірична крива забезпеченості.

Теоретичні криві забезпеченості застосовуються для згладжування й екстраполяції емпіричних кривих.

Вибір способу обчислення C_v та C_s залежать від величини коефіцієнта варіації C_v . При $C_v > 0,5$ використовують метод найбільшої правдоподібності та криві забезпеченості трьохпараметричного гама-розподілу.

У нашому випадку $C_v > 0,5$, тобто треба користуватися методом найбільшої правдоподоби та кривою трьох параметричного гамма-розподілу.

Спочатку вичислимо статистики λ_1 та λ_2 . Розрахунок проведено в табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Визначення статистик λ_1 та λ_2

№ п/п	Рік	Q _i сер, м3/с	Q _i сер, у зменшеному порядку	K _i =	lg(K _i)	K _i *lg(K _i)	Забез- печеність, %,
1	1976	0,09	0,23	2,137	0,330	0,705	3,85
2	1977	0,15	0,20	1,906	0,280	0,534	7,69
3	1978	0,20	0,19	1,835	0,264	0,483	11,54
4	1979	0,23	0,17	1,579	0,198	0,313	15,38
5	1980	0,17	0,17	1,555	0,192	0,298	19,23
6	1981	0,16	0,16	1,470	0,167	0,246	23,08
7	1982	0,17	0,15	1,420	0,152	0,216	26,92
8	1983	0,11	0,12	1,153	0,062	0,071	30,77
9	1984	0,03	0,12	1,143	0,058	0,067	34,62
10	1985	0,19	0,11	1,047	0,020	0,021	38,46
11	1986	0,09	0,11	1,011	0,005	0,005	42,31
12	1987	0,12	0,09	0,888	-0,051	-0,046	46,15
13	1988	0,08	0,09	0,887	-0,052	-0,046	50,00
14	1989	0,06	0,09	0,866	-0,062	-0,054	53,85
15	1990	0,05	0,09	0,809	-0,092	-0,074	57,69
16	1991	0,03	0,08	0,730	-0,137	-0,100	61,54
17	1992	0,05	0,07	0,689	-0,162	-0,112	65,38
18	1993	0,06	0,07	0,641	-0,193	-0,124	69,23
19	1994	0,07	0,07	0,623	-0,206	-0,128	73,08
20	1995	0,09	0,06	0,587	-0,231	-0,136	76,92
21	1996	0,09	0,06	0,532	-0,274	-0,146	80,77
22	1997	0,11	0,05	0,450	-0,346	-0,156	84,62
23	1998	0,12	0,05	0,433	-0,363	-0,157	88,46
24	1999	0,07	0,03	0,326	-0,487	-0,159	92,31
25	2000	0,07	0,03	0,281	-0,551	-0,155	96,15
Сума	25	2,66	0	25,00	-1,4797	1,3675	

Значення статистик

$$\lambda_1 = -1,4797 / 24 = -0,0617$$

$$\lambda_2 = 1,3675 / 24 = 0,057$$

За номограмами [4], (рис.2.2) знаходимо, що $C_V = 0,53$ та $C_S = 2,5 C_V$..

Ординати теоретичної кривої забезпеченості трьохпараметричного гамма-розподілу заносимо в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 - Обчислення ординат теоретичної кривої забезпеченості річних витрат води та відповідних об'ємів стоку ($C_V=0,53$, $Q_0=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$)

Забезпеченість P, %	5	10	25	50	75	90	95
Модульний коефіцієнт Кр	2,01	1,70	1,27	0,89	0,62	0,44	0,353
Об'єм стоку W, млн.м ³	5,81	4,90	3,66	2,59	1,79	1,26	1,01

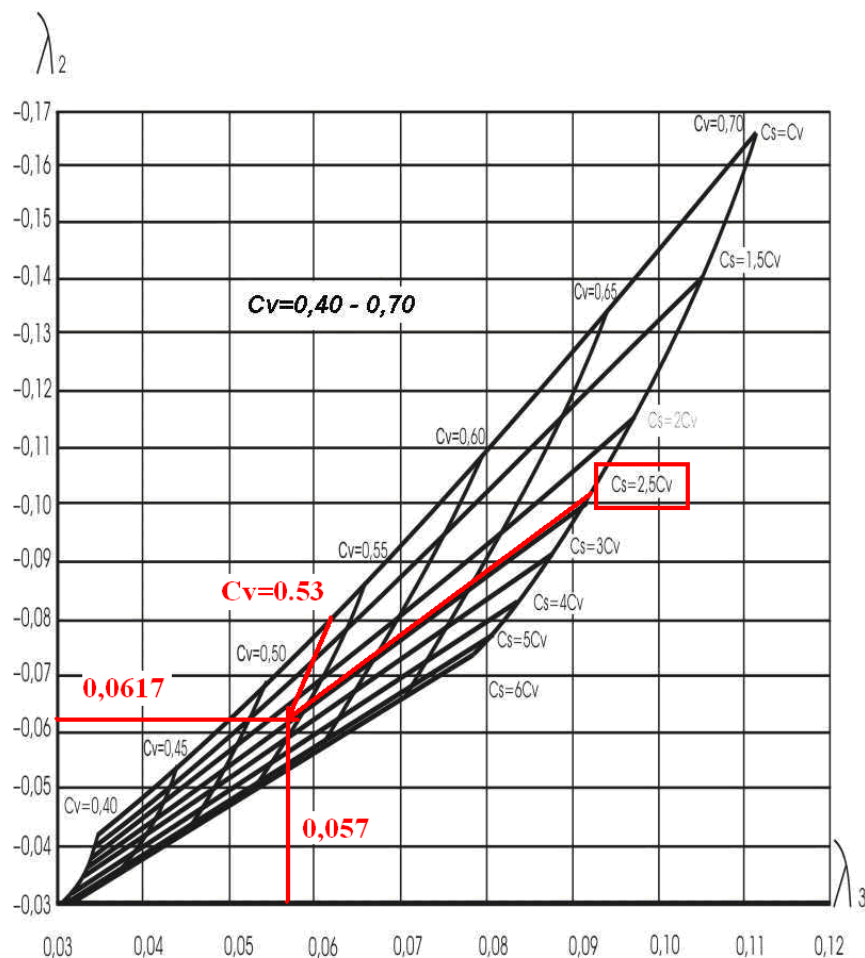


Рисунок 2.2 – Визначення C_V і C_S

Наприклад, розрахунок значення річного стоку 75 % забезпеченості $Q_{75\%} = 0,1 \cdot 0,62 = 0,062 \text{ м}^3/\text{с}$.

Модуль стока 75 % забезпеченості $M_{75\%} = 1000 \cdot 0,062 / 54,8 = 1,13 \text{ л}/(\text{с км}^2)$.

2.4. Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку заданої забезпеченості

Суть методу реального року заключається в тому, що із числа річних величин стоку вибирають в якості розрахункового року такий рік, у якого забезпеченість річного стоку, стоку лімітуючого періоду і лімітуючого сезону близька до розрахункової.

Розрахунок внутрірічного розподілу стоку ведуть по водогосподарським рокам, тобто починаючи з багатоводного сезону (періода року).

В якості вихідних даних маємо більш ніж 20-річний період спостережень за стоком на Державному водомірному посту (додаток А)

Розрахунок проводиться в наступному порядку. Місячні значення стоку беруть із “завдання”. Виділяють лімітуючий період і сезон. Лімітуючим періодом являється літньо-осінній (6-11), а лімітуючим сезоном – зима (12-2) оскільки об’єкт проектування водогосподарський - гідровузол. Розрахунок проводиться в табл. А.2.

Аналізуючи отримані дані табл. А.2 в межах середньої групи по водності років, маловодних і багатоводних вибирають рік, в якого забезпеченість річного стоку, а також стока за лімітуючий період і сезон найбільш близькі між собою. Найбільш близьким роком до норми є 1983, до 75% забезпеченості – 2000, а до 95 % - 1991 рік.

Для вибраних таким чином фактичних (спостережених) років виписують середні місячні витрати і підраховують їх суми за встановлені сезони. Потім

виражають ці значення стоку в процентах від річної суми середньомісячних витрат (табл. А.3). ці роки приймають в якості розрахункових моделей, по яким проводять розрахунок внутрішньорічного розподілу норми річного стоку на будь яку забезпеченість.

Зокрема в роботі проведені розрахунки внутрішньорічного розподілу стоку на норму (Q_0) річного стока, 75 % і 90 % забезпеченості (див. табл. А.3).

2.5. Розрахунок топографічних характеристик для розрахункового створу

Топографічні характеристики визначаємо крупно масштабною картою, що відображена на листі . Вони являють собою криві залежності об'єму ставка ($V=f(H)$), площі водного дзеркала ($w=f(H)$) та середньої глибини ставка ($h_{\text{ср}}=f(H)$) в залежності від горизонту води в ставку.

Для побудови топографічних характеристик необхідно відмітки горизонталей та площі горизонтальних площин, що знаходяться в межах цих горизонталей та створу греблі. Ці дані визначаємо за допомогою палетки з плану ставка.

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

$$\Delta V_i = (\omega_i + \omega_{i+1}) \cdot \Delta h / 2, \quad (2.7)$$

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

$$\Delta V_1 = 0,67 \cdot \omega_1 \cdot \Delta h, \quad (2.8)$$

де ω_i та ω_{i+1} - площі дзеркала водосховища, які відповідають відміткам поверхні води h_i та h_{i+1} ;

Δh - різниця між сусідніми відмітками горизонталей, м.

Середню глибину ставка визначаємо як відношення об'єму його до площі водного дзеркала на відповідних горизонтах.

Розрахунок топографічних характеристик ложа ставка наведений в табл.2.6.

За даними табл.2.6. побудовані графіки залежності ($V=f(H)$), ($w=f(H)$) та $h_{\text{сер}}=f(H)$) в прямокутній системі координат, що зображені на рис. А.1.

Таблиця 2.6 - Топографічні характеристики ложа ставка

Відмітка , м.абс	Площа водн.дзерк . млн.м ²	Сер. площа водн.дзерк . млн.м ²	Різниця відміток , м	Часткови й об'єм, млн.м ³	Об'єм вдсх, млн.м ³	Середня глибина , м
100	0,000				0,000	0
101	0,030	0,015	1	0,020	0,020	0,67
102	0,060	0,045	1	0,045	0,065	1,09
103	0,080	0,070	1	0,070	0,135	1,69
104	0,115	0,098	1	0,098	0,233	2,02
105	0,180	0,148	1	0,148	0,380	2,11
106	0,220	0,200	1	0,200	0,580	2,64
107	0,330	0,275	1	0,275	0,855	2,59
108	0,420	0,375	1	0,375	1,230	2,93
108,7	0,480	0,450	0,7	0,315	1,545	3,22
110	0,560	0,520	1,3	0,676	2,221	3,97
111	0,700	0,630	1	0,630	2,851	4,07
112	0,900	0,800	1	0,800	3,651	4,06

2.6. Обґрунтування об'ємів санітарних попусків води для розрахункового створу

Екологічна оптимізація роботи гідровузлів на річках та водосховищах є одним із провідних принципів управління сталим використанням водних ресурсів. «Інтенсивність і режим роботи усіх водозаборів, водоскидів, гідротехнічних та гідромеліоративних споруд тощо мають бути відкореговані з урахуванням їх впливу на стан водних екосистем та якість води» [28]. Базовим положенням управління є «раціональне та екологічно збалансоване природокористування, зокрема водокористування». Цей документ враховує «принципи підтримання стійкості та непорушності екосистем, створення умов для збільшення біорізноманіття природних комплексів водойм та прилеглих територій».

Гідровузли мають забезпечувати існування режиму, максимально наближеного до природного, а саме [10, 28]:

- відтворення піків весняної повені – «ранньовесняне спрацювання рівня для потужного промивання заплавно - островних масивів верхніх ділянок водойм з метою запобігання їх заболочуванню та забезпечення умов для винесення надлишків органічних речовин»;
- «максимальне зменшення амплітуди коливання рівнів у весняно - ранньолітній період, що збігається з періодом нересту риби»;
- «максимальне зменшення амплітуди коливання рівнів у зимовий період з метою запобігання загибелі зимуючих зачатків водної флори та фауни»;
- «введення охоронного режиму в місцях локалізації рідкісних, реліктових видів водних та навколо водних організмів».

Загальні умови порядку встановлення режимів роботи ставків та водосховищ наступні [10,30]:

- «використання водних ресурсів ставків та водосховищ встановлюється з урахуванням пріоритетів водоспоживання та

водокористування», а саме: «водопостачання міст, селищ та сільських населених пунктів, промисловості і сільського господарства, виробництво електроенергії, зрошення земель, промислове рибальство та рибицтво», а також «санітарно – екологічні попуски та рекреація, аматорське та спортивне мисливство та рибальство»;

- режим роботи каскаду ставків та водосховищ повинен «плануватися з урахуванням умов спільної роботи як верхніх так і нижніх водойм, задовольняючи умови усіх водокористувачів і складатися на основі прогнозів притоку та з обов’язковим здійсненням санітарно – екологічним попуском»;

- важливою функцією водойм також є «боротьба з великими водопіллями для зменшення збитків населенню і суспільному господарству».

Встановлення мінімально допустимих витрат води з малих водосховищ та ставків нормативними документами трактується так [30]:

- «регулювання стоку річок водосховищами та ставками супроводжується трансформацією гідрографа річкового стоку». задача трансформації стоку «...обумовлює зміну динамічного потоку у верхньому і нижньому б’єфах, особливо у меженний період, характер водообміну на частині річки у межах зони підпору»;

- зменшення витрати призводить до зміни «динаміки річкового потоку», яка «супроводжується різким зменшенням його здатності до транспортування», також «унеможливлення нормальних умов природного самоочищення потоку, погіршення умов формування та проходження витрат які забезпечують санітарну промивку русла і пойми».

Ряд інших вимог можна охарактеризувати так [30]:

Зміна природного режиму водообміну та підтоплення прибережних територій можуть спричиняти формування зон із уповільненим рухом води. У таких ділянках відбувається накопичення органічних речовин і знижується інтенсивність процесів їх мінералізації, що негативно впливає на якість водного середовища та екологічний стан річки.

Мінімально допустима витрата води (МДВ), яка повинна підтримуватися у водотоці під час господарського використання водних ресурсів, встановлюється для забезпечення стабільного функціонування водних екосистем. Її дотримання сприяє збереженню належного санітарно-екологічного та гідробіологічного стану річок, особливо на ділянках, розташованих вище та нижче гідротехнічних споруд. Крім того, МДВ забезпечує необхідний рівень розбавлення стічних вод, підтримує можливість рекреаційного використання водного об'єкта та сприяє збереженню річки як важливого природного елемента ландшафту.

При плануванні та експлуатації водогосподарських систем мінімально допустиму витрату слід розглядати як окремого учасника водогосподарського комплексу, який використовує водні ресурси без безпосереднього їх вилучення з річки. Для такого водокористування передбачається обов'язкове дотримання внутрішньорічного режиму розподілу стоку із забезпеченістю безперервного підтримання витрати на рівні 95 %.

Якщо у водний об'єкт відсутній організований скид зворотних або стічних вод, розрахункове значення МДВ для кожного місяця визначають на основі мінімальних середньомісячних витрат води із забезпеченістю 95 %, що характеризують маловодні умови експлуатації водного об'єкта.

Також, **«для урбанізованих територій МДВ малих річок, а також пересихаючих річок, встановлюється за умови збереження річки як елемента природного міського комплексу, але не менше 100 л/с» [30];**

Дані про зарегульованість стоку р. Кільчень у її верхів'ї наведені нижче.

З п.2.1 видно, що норма стоку для розрахункового водозбору становить якраз 100 л/с. Тому при сезонному регулюванні забезпеченістю 50 і більше відсотків звичайно санітарні витрати будуть меншими.

Водогосподарськими розрахунками (п.2.7) встановлені мінімально можливі санітарні витрати з водозбору та баланс вод за забезпеченостями (табл.2.7) при сезонному регулюванні стоку.

Визначені оптимальні санітарні попуски води будуть скидатись через гідротаран і забезпечувати водо подачу технічної води на потреби Голубівської птахофабрики.

Таблиця 2.7 - Мінімально можливі санітарні витрати з водозбору та баланс вод за забезпеченостями при сезонному регулюванні стоку

Забезпеченість Р, %	Санітарна витрата, л/с		Баланс вод за сезон, тис.м ³
	мінімальна	середня	
50	60	94	+1065
75	45	59	+440
85	38	44	+175
95	25	25	0

2.7. Розрахунок сезонного регулювання з врахуванням втрат та корисного водозабору

Задачею розрахунку регулювання є визначення об'єму ставка та режиму його роботи з врахуванням втрат на випаровування та фільтрацію при можливих об'ємах водоподачі технічної води та санітарно-побутові попуски води в нижній б'єф річки.

Розрахункових об'єм водоподачі приймаємо з врахуванням можливості місцевого стоку для року різної забезпеченості (див. табл.2.8) , непродуктивних втрат води зі ставка (фільтрація і випаровування) та санітарно-побутових попусків води в нижній б'єф річки .

Його визначаємо шляхом поступового наближення об'ємів можливого водозабору та водоподачі з об'ємом стоку.

При плануванні водо подачі технічної води ми взяли до уваги можливості гідро таранної установки до водопідйому (ККД) в порівнянні

з можливою витратою із ставка при сезонному регулюванні стоку в роки різної природної зволоженості.

Також при проектуванні гідро таранної установки визначено, що мінімально-допустима відмітка води в верхньому б'єфі не повинна понижуватись нижче 107,00 м (НПГ=108,7 м), що забезпечить на 100% мінімальний напір на гідротарані 6,6 м.

Саме цю відмітку і прийнято в якості віртуального мертвого об'єму ставка та порашовані параметри стоку та об'єми ставка при сезонному регулюванні стоку. При цьому віртуальний мертвий об'єм ставка склав 855 тис. м³.

Розрахункові таблиці наведені в додатку Б.

Для розрахунку регулювання, як приклад, використовуємо отримані дані з внутрішньо річного розподілу стоку для року 75%-вої забезпеченості (табл.А.3). Спочатку проводимо розрахунок регулювання без врахування втрат води, при цьому корисний об'єм склав 362 тис. м³.

Далі визначаємо втрати води на випаровування, які розраховуються за формулою

$$E_{розр} = E_{100-p} - X_p \cdot (1 - \eta_c), \quad (2.9)$$

де $E_{розр}$ - розрахункове випаровування, мм;

E_{100-p} - випаровування з водної поверхні забезпеченістю 100-Р(%),мм;

X_p - атмосферні опади забезпеченістю Р(%), мм;

η_c - середньо багаторічний коефіцієнт стоку з суші до затоплення її ставком.

Оскільки розрахунок проводимо для середнього року за розрахункові значення приймемо норму випаровування з водної поверхні по карті середнього шару випаровування [19], яка дорівнює 800 мм. Коефіцієнт варіації річного випаровування має незначні зміни, то можна прийняти $C_v = 0,1$ та $C_s = 2,0C_v$. Модульний коефіцієнт для переходу до забезпеченості 25% відсотків дорівнює $K_{75\%} = 1,07$ [19].

Річна кількість опадів 50%-вої забезпеченості визначаємо також за біноміальною кривою розподілу, беручи до уваги, що значення $C_v=0,2$ та $C_s=2,0C_v$ [19], а норма опадів для Самарівського району становить 545 мм [5]. Модульний коефіцієнт для переходу до забезпеченості 75% відсотків дорівнює $K_{75\%}=0,858$ [28].

Коефіцієнт стоку можна прийняти як для середніх умов стоку [28] рівним $\eta_c=0,35$.

Тоді розрахункове випаровування буде мати значення

$$E_{розр}=856-468(1-0,35)=552 \text{ мм.}$$

Так як проєктом передбачено ставок сезонного регулювання, то необхідно розрахункове випаровування розподілити по місяцям.

Для території України визначені типова схема розподілу випаровування [19] за якою визначено внутрішньо річний розподіл і який представлений в табл.2.8.

Втрати води на фільтрацію можна прийняти як відсоток від середнього робочого місячного об'єму води в ставку і згідно рекомендаціям [28] для середніх гідрогеологічних умов цей відсоток становить 1,4 %.

Таблиця 2.8 – Розрахунок додаткового випаровування з водної поверхні ставка

Місяць	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Рік
Відносна випаровуваність, %	-8	4	10	18	26	24	16	8	2	100
Випаровуваність 75%-ної забезпеченості	-44,2	22,1	55,2	99,4	143,5	132,5	88,3	44,2	11,0	552

Розрахунок регулювання стоку проводимо за наближеннями згідно рекомендацій [28] щодо сезонного регулювання стоку за місячними інтервалами. Різниця об'ємів ставка в двох суміжних розрахунках V_1 та V_2 визначається за формулою

$$\Delta V = (V_2 - V_1) \cdot 100 / V_1, \quad (2.10)$$

і не повинна перевищувати 5-8 %.

При розрахунках балансу прийняли до уваги, що існуюча водоскидна споруда має відмітку порогу автоматичного водоскиду 108,7 м. Виходячи з цього за топографічними характеристиками ставка (див. рис.А.1) видно, що максимальний корисний об'єм його складає 700 тис.м³, а повний 1555 тис.м³.

Водогосподарські розрахунки проведені за умови підтримки максимально можливих санітарних витрати в нижньому б'єфі при сезонному регулюванні стоку в роки різної забезпеченості та встановлення максимальних горизонтів води (НПГ) в ставку при підтримці віртуального мертвого об'єму МО=855 тис.м³.

Розрахунки наведені в додатку Б і представлені на рис.2.3.

Виходячи з рисунка 2.3 розуміємо, що при рівномірному попуску санітарних витрат в меженний період середніх та маловодних років тільки ці води забезпечать роботу гідротаранної установки. А виходячи із вимог економічно-доцільного проєктування систем водо подачі (на 75-85%-ву забезпеченість)[21], очевидно необхідно проєктувати гідротаранну установку на сумарну живильну витрату 45 л/с.

Таблиця 2.9 – Витратні та рівневі характеристики сезонного регулювання стоку різної забезпеченості

Забезпеченість року Р, %	50	75	85	95
Мінімальна можлива санітарна витрата протягом року Q _{сан.мін.} , л/с	60	45	38	25
Баланс вод: додатковий скид води в НБ в багатоводний період, тис. м ³	1065	440	175	0
Максимальний повний об'єм ставка V _{повн} , тис.м ³	1538	1552	1558	1456

Максимально можливий горизонт НПГ з врахуванням автоматичного скиду в НБ, м БС	108,67	108,70	108,70	108,49
---	--------	--------	--------	--------

$Q_{\text{сан}}, \text{ л/с}$

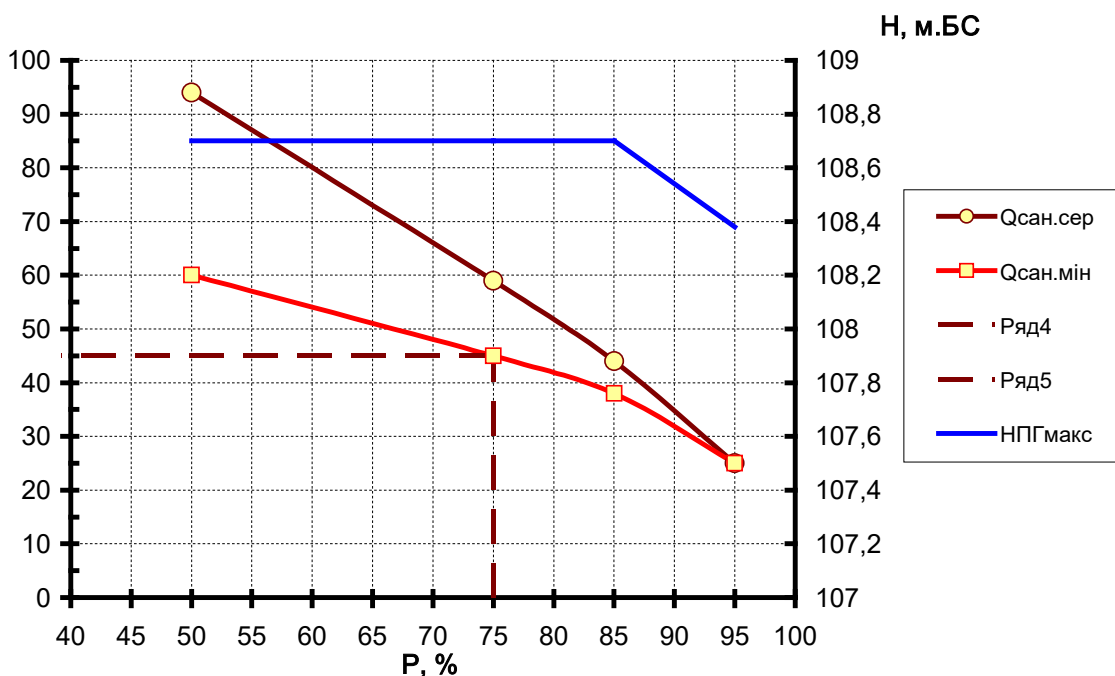


Рисунок 2.3 – Санітарні витрати ($Q_{\text{сан}}$) і максимальний горизонт води (НПГ) в ставку при сезонному регулюванні стоку в роки різної забезпеченості (P)

З рисунка витікає, що тільки в гостро посушливий рік рівень в ставку не досягне НПГ. Всередині сезону горизонти води будуть змінюватись від розрахункового максимального (НПГ=108,7 м) до віртуального ГМО=107,00 м.

В таблиці 2.11 та на рис.2.4 показаний характер зміни рівневого режиму в роки різної забезпеченості.

Аналіз цих даних дає підстави призначити відмітку порогу водовідбірного пристрою, яка забезпечить водозабір для року 75%-вої забезпеченості і вище протягом року.

Це відмітка 106,60 м.

Таблиця 2.11 – Режим рівнів води Н (м БС) та об'єми ставка W (тис. м³)

Місяць	Забезпеченість Р, %							
	50		75		85		95	
	Vповн	Hгориз	Vповн	Hгориз	Vповн	Hгориз	Vповн	Hгориз
Січень	0,940	107,24	0,921	107,19	0,911	107,16	0,894	107,11
Лютий	0,961	107,29	0,922	107,18	0,906	107,14	0,891	107,1
Березень	1,290	108,14	1,239	108,01	1,157	107,8	1,070	107,57
Квітень	1,513	108,63	1,504	108,62	1,439	108,48	1,288	108,13
Травень	1,513	108,63	1,520	108,66	1,519	108,66	1,387	108,35
червень	1,506	108,62	1,497	108,58	1,490	108,57	1,383	108,35
Липень	1,425	108,43	1,401	108,39	1,387	108,35	1,288	108,14
Серпень	1,255	108,04	1,242	108,03	1,233	108,01	1,154	107,8
Вересень	1,086	107,63	1,091	107,64	1,089	107,63	1,033	107,49
Жовтень	0,983	107,35	0,994	107,38	0,995	107,38	0,956	107,27
Листопад	0,949	107,25	0,954	107,27	0,952	107,26	0,923	107,18
Грудень	0,986	107,36	0,965	107,3	0,954	107,27	0,923	107,18

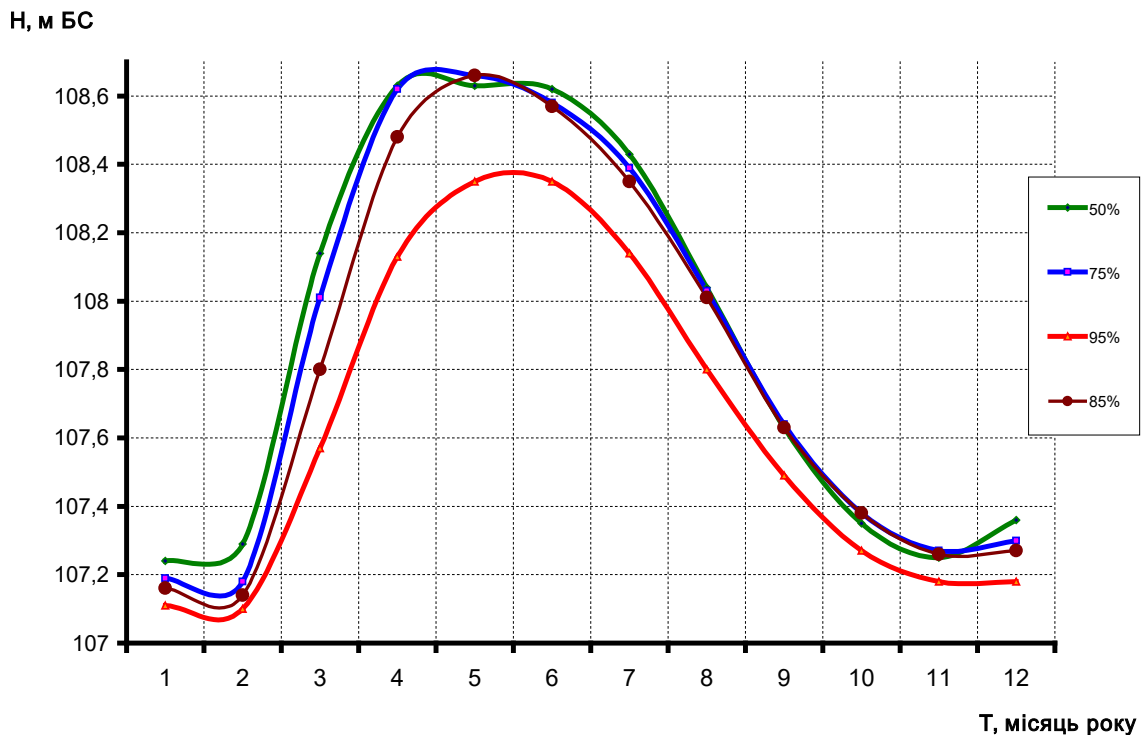


Рисунок 2.4 – Внутрішньорічні зміни рівня води в ставку в характерні роки

В той же час спрогнозувати водність року практично неможливо. Тому в проєкті запропонований варіант експлуатаційних режимів водозабору гідро

тараном на проєктну живильну витрату 45 л/с в середній по водності рік (50%) та в гостропосушливий (95%).

Результати розрахунку наведені в табл.2.12 та рис.2.5.

Таблиця 2.12 – Санітарна ($Q_{\text{сан}}$) та живильна ($Q_{\text{жив}}$) витрати (л/с), режим рівнів води H (м БС) та повний об'єм ставка W (млн. м³)

Місяць	Забезпеченість P , %							
	50				95			
	$W_{\text{повн}}$	$H_{\text{гориз}}$	$Q_{\text{жив}}$	$Q_{\text{сан}}$	$W_{\text{повн}}$	$H_{\text{гориз}}$	$Q_{\text{сан}}$	$Q_{\text{жив}}$
Січень	1,206	107,94	45	45	0,921	107,19	45	45
Лютий	1,258	108,07	45	45	0,865	107,02	45	45
Березень	1,461	108,52	45	301	0,992	107,37	45	45
Квітень	1,536	108,7	45	226	1,183	107,87	25	25
Травень	1,536	108,7	45	209	1,287	108,13	25	25
червень	1,536	108,7	45	55	1,300	108,17	15	15
Липень	1,480	108,56	45	45	1,234	108,01	15	15
Серпень	1,345	108,26	45	45	1,129	107,74	15	15
Вересень	1,211	107,95	45	45	1,035	107,5	15	15
Жовтень	1,142	107,77	45	45	0,978	107,34	20	20
Листопад	1,144	107,77	45	45	0,957	107,32	20	20
Грудень	1,216	107,96	45	45	0,970	107,33	20	20

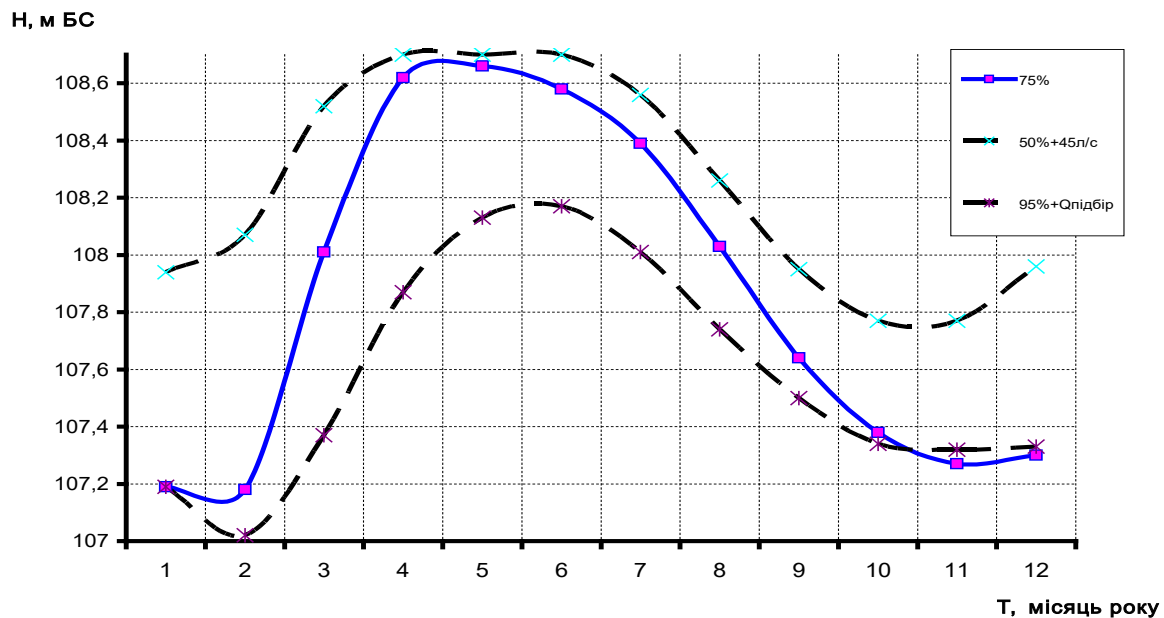


Рисунок 2.5 – Внутрішньорічні зміни рівня води в ставку в характерні роки при проєктній потужності гідротарану – живильній витраті 45 л/с.: верхня крива – середній по водності рік; середня - посушливий рік 75% забезпеченості; нижня - гостропосушливий рік 95% забезпеченості.

Аналіз рис. 2.5 показує, що в середній по водності рік та живильній витраті гідротарану в 45 л/с рівень води в ставку не знизиться нижче відмітки 107,75 м.

Граничною відміткою при проектування гідротарану прийнята 107.00 м. В гостропосушливий рік для постійної подачі технічної води необхідно знижувати живильну витрату гідротарану до 15-20 л/с (див. табл. 2.12). При цьому його робота буде забезпечена цілорічно, а відмінка горизонту води не опуститься нижче 107 м (див. рис. 2.5.).

3. ГІДРОТАРАН ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ЗАСІБ ВОДОПОДАЧІ ТА ОЦІНКА ЗРОШУВАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СТАВКА

3.1. Загальні відомості про гідротаран. Історія екскурсу

Ще у XVIII столітті, «у 1775 році англієць Джозеф Уайтхест (J.Whitehurst) вперше опублікував опис подібного насоса, винайденого і побудованого їм трьома роками раніше (1772)» [16]. Однак його конструкція не була повністю автоматичною, тому «в 1776 році її допрацював і на наступний рік отримав патент на свій винахід француз Монгольф'є (J.Montgolfier - той самий, що винайшов повітряну кулю)» [16]. Потім «протягом декількох років були отримані ще кілька патентів на аналогічні конструкції» [16] (M.Bulton - Англія, 1797; J.Cernay, S.Hallet - США, 1809).

Аж до самого кінця XIX століття розрахунок подібних пристроїв ґрунтувався на емпіричних закономірностях, що підходять лише для окремих випадків. І тільки створення в 1897-1898 роках професором Н.Е.Жуковським теорії гідравлічного удару дозволило поставити розрахунки на наукову основу. Проте лише в 1930 році професором С.Д.Чістопольським в роботі «Гідравлічний таран» [43] був нарешті опублікований метод теоретичного розрахунку цих пристроїв, який до цих пір вважається надійним. Таке «відставання» теорії пояснюється тим, що при роботі гідравлічного тарану відбувається декілька тісно пов'язаних нестационарних процесів, які не можна прорахувати методами математичного аналізу.

3.2. Загальний опис пристрою гідравлічного тарану. Принцип роботи

Робота гідротарана заснована на використанні явища гідравлічного удару - короточасного різкого підвищення тиску при раптовій зупинці потоку рідини в жорсткій трубі.

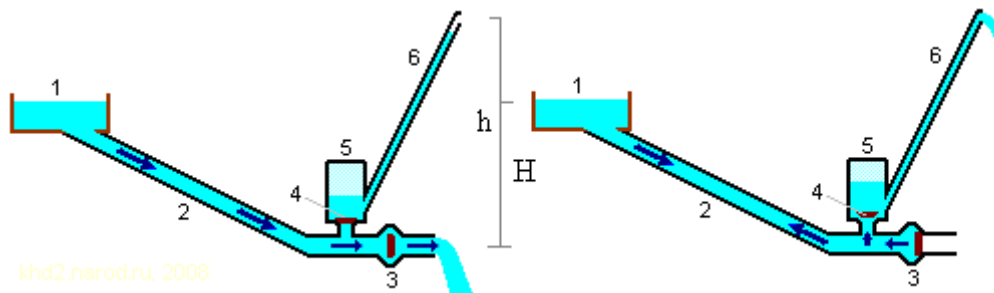


Рисунок 3.1 – Принцип роботи « гідравлічного тарану » - насоса , що використовує явище гідроудару . Зліва фаза розгону потоку , праворуч - фаза нагнітання (момент гідравлічного удару) .

1 - живильний резервуар (верхній рівень природного потоку) ; 2 - нагнітальна (прискорювальна) труба ; 3 - відбійний (ударний) клапан ; 4 - напірний (нагнітальний) клапан ; 5 - повітряний ковпак ; 6 - напірна (відводить) труба. h - висота підйому води щодо рівня зливу; H - рівень живлячої резервуара щодо рівня зливу.

Під дією підвищеного тиску в трубопроводі нагнітальний клапан відкривається і через повітряний (напірний) ковпак в трубопроводі приймаючого резервуара надходить деяка кількість води з витратою q . Через появу в трубопроводі негативною хвилі тиску створене в системі тиск зменшується, нагнітальний клапан закривається, а ударний клапан під власною вагою відкривається (опускається), забезпечуючи автоматичне повторення циклу. Стисле повітря, що знаходиться в повітряному ковпаку, вирівнює подачу води в трубопроводі приймаючого резервуара.

Як правило, гідравлічний таран застосовується тільки там, де є запас води, який значно перевищує необхідну кількість і де є можливість розташувати установку нижче рівня джерела води.

Коефіцієнт корисної дії гідравлічного тарану η (відношення витраченої роботи до корисної) визначається за формулою:

$$\eta = (q \cdot h) / (Q \cdot H), \quad (3.1)$$

де: Q - витрата води, що скидається через ударний клапан;

q - витрата води, що надходить через нагнітальний клапан;

H - висота падіння води;

h - висота підйому води.

Для роботи таранної установки достатній дуже маленький напір води - значення H (див. рис. 3.1) може становити всього 200 мм при висоті підйому води h , що перевищує H в 15 ... 20 разів. При більшій висоті підйому води коефіцієнт корисної дії стає дуже малим, а робота установки - неефективною.

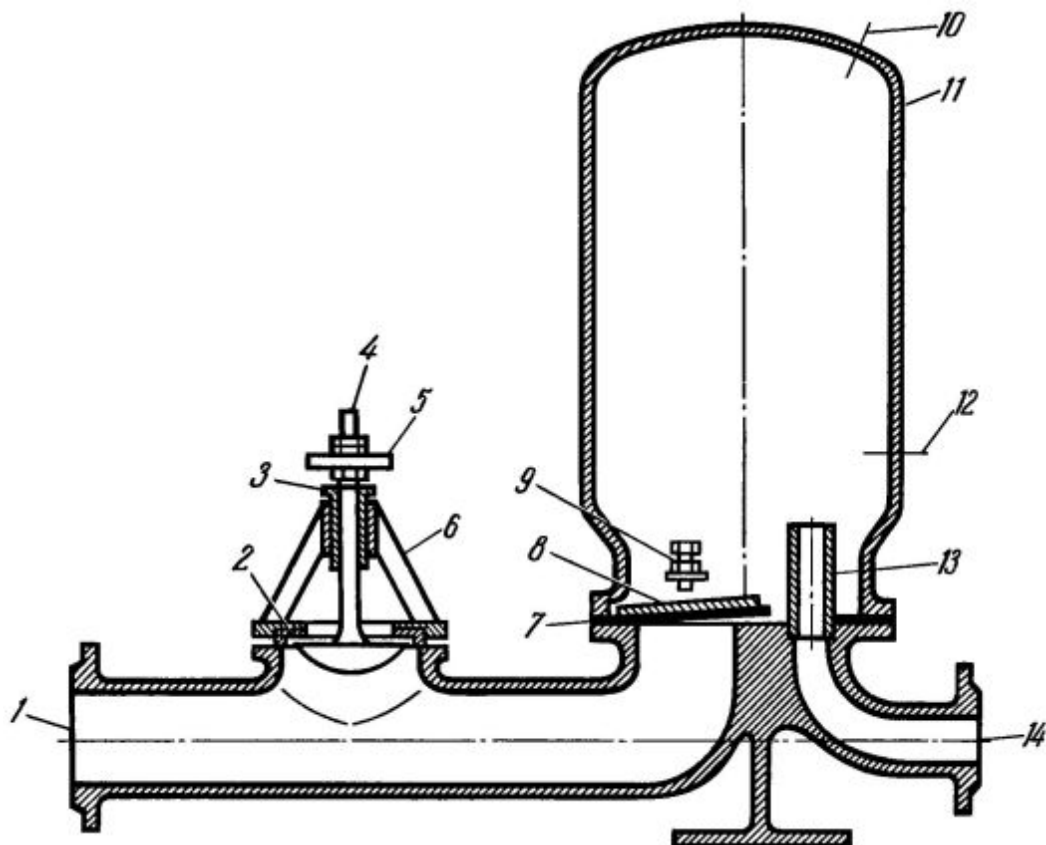


Рисунок 3.2 – Конструкція гідравлічного тарану: 1 - вхідний патрубок, вхід води з живильного трубопроводу; 2 - сідло ударного клапана; 3 - бронзова спрямовуюча і регулююча втулка; 4 - ударний клапан зі штоком; 5 - додатковий вантаж ударного клапана; 6 - опора ударного клапана; 7 - гумова прокладка, на якій укріплений нагнітальний клапан; 8 - нагнітальний клапан; 9 - фіксатор-болт, що обмежує хід нагнітального клапана; 10 - місце штуцера для підключення манометра; 11 - повітряний ковпак; 12 - місце пристрою для подачі повітря в повітряний ковпак; 13 - обмежувальна втулка; 14 - нагнітальний патрубок, вихід води в нагнітальний трубопровід

Типова конструкція гідравлічного тарану наведена на рис. 3.2. З живильного трубопроводу 1 вода надходить під ударний клапан зі штоком 4, переміщається в направляючої бронзової втулці 3. Остання кріпиться в опорі на різьбі, що дозволяє регулювати хід клапану. При закритті клапан притискається до сідла. На штоку клапана укріплений додатковий вантаж. На рис. 3.2 не показаний пристрій для попереднього відкриття ударного клапана при пуску гідротарану. Для початку роботи установки необхідно примусово відкрити клапану.

У кінці живильного трубопроводу розташований нагнітальний клапан 8. Хід нагнітального клапана обмежений фіксатором-болтом 9. Наявність повітря в повітряному ковпаку згладжує пульсації тиску в напірному трубопроводі і вирівнює витрату води на лінії нагнітання. На корпусі повітряного ковпака встановлений штуцер для приєднання манометра 10 і передбачено пристрій для підживлення повітряного ковпака повітрям 12 (на рис.3.2 вказані тільки місця розташування цих пристосувань). Обмежувальна втулка 13, що запобігає попаданню повітря в живильний трубопровід, встановлена таким чином, що не допускає повного зливу рідини з повітряного ковпака, тобто оголення нагнітального клапана.

При проєктуванні гідротарану, діаметр живильного трубопроводу підбирають з розрахунку створення швидкості потоку води в трубопроводі

від 1,5 до 3 м/с, звідки стають зрозумілими особливі вимоги до міцності стінок трубопроводу. Останній зазвичай виконується із сталевих труб. Рекомендована (оптимальна) витрата води через трубу того чи іншого діаметра залежить від живильного напору (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Рекомендовані витрати води Q (л / с) через живильні труби різного діаметру D (мм) залежно від живильного напору H (м)

Діаметр труби D , мм	Живильний напір, H , м					
	1...2	2...5	5...10	10...20	20...30	30...40
63	1	1	2	3	4	5
75	2	2	3	5	6	7
100	3	4	6	8	10	12
150	8	10	15	20	25	30
200	15	20	30	40	50	60
250	25	35	50	60	70	80

Оскільки закриття ударного і нагнітального клапанів відбувається не миттєво, а приблизно за 0,01 ... 0,02 с, то довжина живильного трубопроводу не є величиною довільною.

Рекомендована залежність, що зв'язує довжину L живильного трубопроводу з числом здійснюваних у ньому ударів, напором і діаметром трубопроводу:

$$L = \frac{900 \cdot H}{N^2 D}, \quad (3.3)$$

де: L - довжина живильного трубопроводу, м;

H - живильний напір, м;

N - число гідравлічних ударів на хвилину;

D - діаметр живильного трубопроводу, м.

Мінімальною вважається довжина трубопроводу в 10 ... 15 м. Якщо ж за умовами місцевості довжина живильного трубопроводу виходить занадто велика, то використовуються проміжні зрівняльні вежі або зрівняльні

повітряні колодязі, призначення яких - викликати розрив струменя і, отже, обмежити шлях поворотної ударної хвилі, що виникає при гідравлічному ударі.

Повітряний ковпак, призначений пом'якшувати нерівномірність тиску і потоку, має важливе значення для роботи тарана, зменшуючи шум і вібрацію установки при роботі.

Відсутність такого ковпака або недостатній його обсяг нерідко призводять до надмірного підвищення тиску і розриву стінок нагнітального трубопроводу. Розрахунки показують, що найвигідніше працювати в режимі, коли тиск у повітряному ковпаку при ударі підвищується всього на 10 ... 20%. Тоді необхідний для спокійної роботи обсяг V повітряного ковпака складе:

$$V = (8 \dots 15) \cdot q \cdot t, \quad (3.4)$$

де: q - кількість води, що подається таранною установкою, л/с;

t - тривалість періоду нагнітання, тобто відрізок часу від моменту відкриття нагнітального клапана до його закриття, с, приблизно 60/N.

Ударний клапан, що забезпечує кілька десятків гідравлічних ударів на хвилину, працює в досить напруженому режимі. Підбір матеріалів для пари клапан-сідло є складним і відповідальним завданням, оскільки від цього залежить довговічність роботи всього пристрою. Сучасні матеріали забезпечують тривалість роботи ударного клапана 10^8 циклів і більше (кілька років експлуатації). Такий клапан роблять підйомним (як на рис. 3.2) або відкидним. Зазвичай ударний клапан розташовується безпосередньо перед повітряним ковпаком з нагнітальним клапаном, але відомі конструкції, де ударний клапан встановлюють на тупиковій ділянці живильного трубопроводу вже після входу в повітряний клапан.

До нагнетательному клапану пред'являються ті ж вимоги, що й до ударному, хоча він відчуває дещо менші механічні навантаження.

Фундамент таранної установки покликаний витримувати динамічні навантаження, що виникають при роботі ударного клапана і при самому гідравлічному ударі.

Висота подачі води таранної установкою досить велика. Наприклад, на Гохтській високонапірної таранної установці у Вірменії висота нагнітання становить 160 м.

Переваги.

Гідравлічні тарани володіють декількома важливими перевагами, які в свій час і забезпечили їх досить широке поширення.

Насамперед, для їх роботи не потрібно ні яких-небудь двигунів, ні м'язових зусиль. Будучи один раз встановленим і запущеним, гідротаран може працювати до пересихання живлячої потоку (осушення живлячої резервуара) або до механічного зносу деталей, які в ньому можна перерахувати по пальцях.

По-друге, для функціонування гідравлічного тарана достатньо незначного перепаду висот — від кількох десятків сантиметрів — і порівняно малої витрати води, яка зазвичай становить від часток літра до кількох літрів за секунду.

По-третє, використання простих накопичувальних ємностей у живильному резервуарі дає змогу пристрою працювати навіть за дуже малого водопотоку. Вода поступово накопичується, а після досягнення необхідного об'єму запускається робочий цикл. Завдяки цьому гідравлічний таран ефективно використовує енергію потоку як під час паводків, так і в періоди межені. На відміну від нього, водяні колеса та турбіни потребують безперервного потоку води. За умов незначної витрати вони можуть взагалі не розпочати роботу, оскільки енергії накопиченої порції води недостатньо навіть для запуску механізму. Водночас їхні малопотужні модифікації, розраховані на мінімальний потік, залишаються малоефективними навіть після збільшення водності джерела.

По-четверте, проста будова та невелика кількість елементів забезпечують високу надійність і тривалий термін служби гідравлічного тарана. Безперервна експлуатація без ремонту протягом десяти років вважається цілком реальною.

Крім того, традиційний гідравлічний таран можна виготовити навіть у звичайній сільській майстерні. Конструкція не вимагає надзвичайної точності розрахунків чи виготовлення: можливі похибки зазвичай лише знижують ефективність і ресурс роботи пристрою, але не призводять до повної втрати його працездатності. Насос продовжуватиме виконувати свої функції. Водночас обов'язковою умовою залишається достатня міцність усіх деталей конструкції.

Недоліки.

Попри численні переваги, гідравлічний таран має й низку недоліків. Із розвитком доступного електропостачання та поширенням насосів із електричними й бензиновими приводами ці пристрої поступово втратили свою популярність. Деякі їхні недоліки можна частково усунути або зменшити їхній вплив, проте інші є невід'ємними наслідками самого принципу роботи.

По-перше, після завершення кожного робочого циклу вода, що пройшла через відбійний клапан, повинна повністю відводитися. Якщо вона залишиться в трубопроводі, то заважатиме прискоренню наступної порції води. У результаті потік не зможе набрати швидкість, необхідну для спрацювання клапана та створення гідравлічного удару. Навіть якщо система продовжить працювати, час розгону збільшиться, що призведе до додаткових втрат води та зниження загальної ефективності. Саме тому місце встановлення відбійного клапана має бути розташоване вище рівня відведення води, інакше природний стік стане неможливим.

По-друге, для досягнення необхідної швидкості руху води в нагнітальній трубі потрібен хоча б невеликий перепад висот на певній довжині трубопроводу. Зазвичай ідеться про кілька сантиметрів різниці рівнів на

кілька метрів довжини труби. Через це гідравлічні тарани не придатні для роботи у водоймах зі сталим рівнем води, таких як озера чи ставки, а також на рівнинних ділянках річок із дуже малим ухилом.

По-третє, значна частина води під час роботи скидається через відбійний клапан. Об'єм цієї води часто перевищує кількість рідини, яку насос фактично піднімає. Втім, така втрата є необхідною, оскільки саме енергія скинутого потоку забезпечує підйом іншої частини води. Якщо ж джерело має обмежений запас води, такі витрати можуть виявитися небажаними. Для досягнення високої ефективності необхідно правильно підібрати довжину та діаметр нагнітальної труби, параметри клапанів і режим їхньої роботи відповідно до витрати води та необхідної висоти підйому. Тому найкращих результатів можна досягти лише після індивідуального налаштування установки під конкретні умови експлуатації.

Четвертий недолік пов'язаний із використанням традиційного повітряного накопичувального ковпака. Під дією підвищеного тиску повітря поступово розчиняється у воді, тому його запас необхідно періодично відновлювати. Сучасним вирішенням цієї проблеми є застосування мембранних гідроакумуляторів, які широко використовуються в автономних системах водопостачання. Також існують конструктивні рішення, що дають змогу автоматично підсмоктувати повітря під час роботи насоса, однак їх реалізація потребує додаткових технічних заходів.

По-п'яте, гідравлічний таран характеризується відносно великими габаритами. Для ефективної роботи довжина нагнітальної труби зазвичай становить від десяти метрів і більше. Це пояснюється необхідністю забезпечити достатню масу води, яка під час різкої зупинки створює потужний гідравлічний удар. Крім того, тривалість цього удару має бути достатньою для відкриття напірного клапана та переміщення помітного об'єму води. Хоча трубу можна згорнути у вигляді спіралі та зменшити займану площу, загальна маса конструкції суттєво не зменшиться через вимоги до міцності та жорсткості.

Водночас надмірне збільшення розмірів гідравлічного тарана також створює труднощі. Усі елементи, що зазнають дії гідравлічних ударів, повинні мати високу механічну міцність і жорсткість. Зі збільшенням розмірів конструкції виникає потреба у товстіших стінках труб та масивніших деталях, що ускладнює виготовлення і монтаж.

Незважаючи на перелічені обмеження, класичний гідравлічний таран залишається надзвичайно простим, надійним і невибагливим пристроєм. Завдяки здатності працювати без зовнішніх джерел енергії він і сьогодні може бути корисним у місцях, де відсутнє електропостачання або потрібне автономне водопостачання.

3.3 Гідравлічний розрахунок гідротарану

Робота гідротарана заснована на використанні явища гідравлічного удару - короткочасного різкого підвищення тиску при раптовій зупинці потоку рідини в жорсткій трубі. Налаштування гідротарану є кропотливе і індивідуальне заняття. При цьому зміна живильної витрати, як правило, потребує змін у налаштуванні.

Для таранної установки можливі такі варіанти ефективної роботи:

1. режим з максимальною продуктивністю (подачею);
2. режим роботи для отримання максимального ККД;
3. режим, який необхідно постійно налаштовувати для максимальної продуктивності під не максимально можливу живильну витрату.

Виходячи з задач водоподачі технічної води та конструкції гідротаран в рамках існуючого гідровузла передбачаємо такі вихідні умови для проєктування гідротарану:

Максимальний живильний напір – 8 м, мінімальний 6,6 м;

Оптимальна живильна витрата – 45 л/с.

Виходячи з плану - довжина живильної труби буде в межах 40-45 м; довжина труби водо подачі – 2111 м.

В проєкті прийнято одну живильну нитку (див. креслення).

Гідравлічний розрахунок проведено відповідно до рекомендацій [29, 14] для різних діаметрів живильних труб (150-250 мм) та різних значень коефіцієнта розгону гідравлічної системи k .

Розрахунки виконані в середовищі Ексель за розробленою керівником дипломного проєкту програмою.

В таблиці 3.2 наведено результати гідравлічного розрахунку для вибраного варіанту з діаметром живильної труби 250 мм.

Таблиця 3.2 – Параметри розрахунку гідротарану для діаметру живильного трубопроводу $D=250$ мм

Коефіцієнт розгону гідравлічної системи k	Коефіцієнт $k_1=f(k)$	Співвідношення k^2-u^2/v_c^2	Параметр $\beta=\frac{h}{H} \cdot \frac{t}{\tau}$	Час повернення ударної хвилі T, c	Частота ударного клапану $N, уд/хв$	Живильна витрата $Q_1, л/с$	Витрата подачі $q, л/с$	Витрата гідротарану $Q, л/с$	ККД гідротарану η	Відносна продуктивність q/Q	Відносна подача q/q_{max}
0,1	0,01	0,00	1,36	0,29	204,00	4,79	0,61	5,40	0,51	0,11	0,057
0,2	0,04	0,03	2,29	0,49	121,71	11,72	2,76	14,48	0,87	0,19	0,257
0,3	0,09	0,08	3,28	0,70	85,91	18,97	4,73	23,70	0,91	0,20	0,440
0,4	0,17	0,15	4,34	0,91	65,73	26,71	6,52	33,24	0,89	0,20	0,607
0,5	0,29	0,24	5,53	1,14	52,48	35,38	8,10	43,48	0,85	0,19	
0,6	0,45	0,35	6,91	1,40	42,90	45,05	9,41	54,46	0,79	0,17	0,875
0,7	0,67	0,48	8,59	1,70	35,32	55,85	10,34	66,19	0,71	0,16	0,962
0,8	1,02	0,63	10,82	2,08	28,81	69,17	10,75	79,92	0,61	0,13	1
0,9	1,66	0,80	14,35	2,68	22,36	87,26	10,28	97,54	0,48	0,11	0,956
0,95	2,33	0,90	17,73	3,26	18,38	100,76	9,27	110,03	0,38	0,08	0,862

На рис.3.4 наведено окремі характеристики роботи гідротарану та розрахунку оптимальної довжини живильного трубопроводу за формулою (3.3).

Так для максимальної продуктивності необхідна довжина труби 148 м, а для роботи з максимальним ККД достатньо 15 м. У проєкті довжина труби 40 м, що вимагає індивідуального налаштування гідротарану.

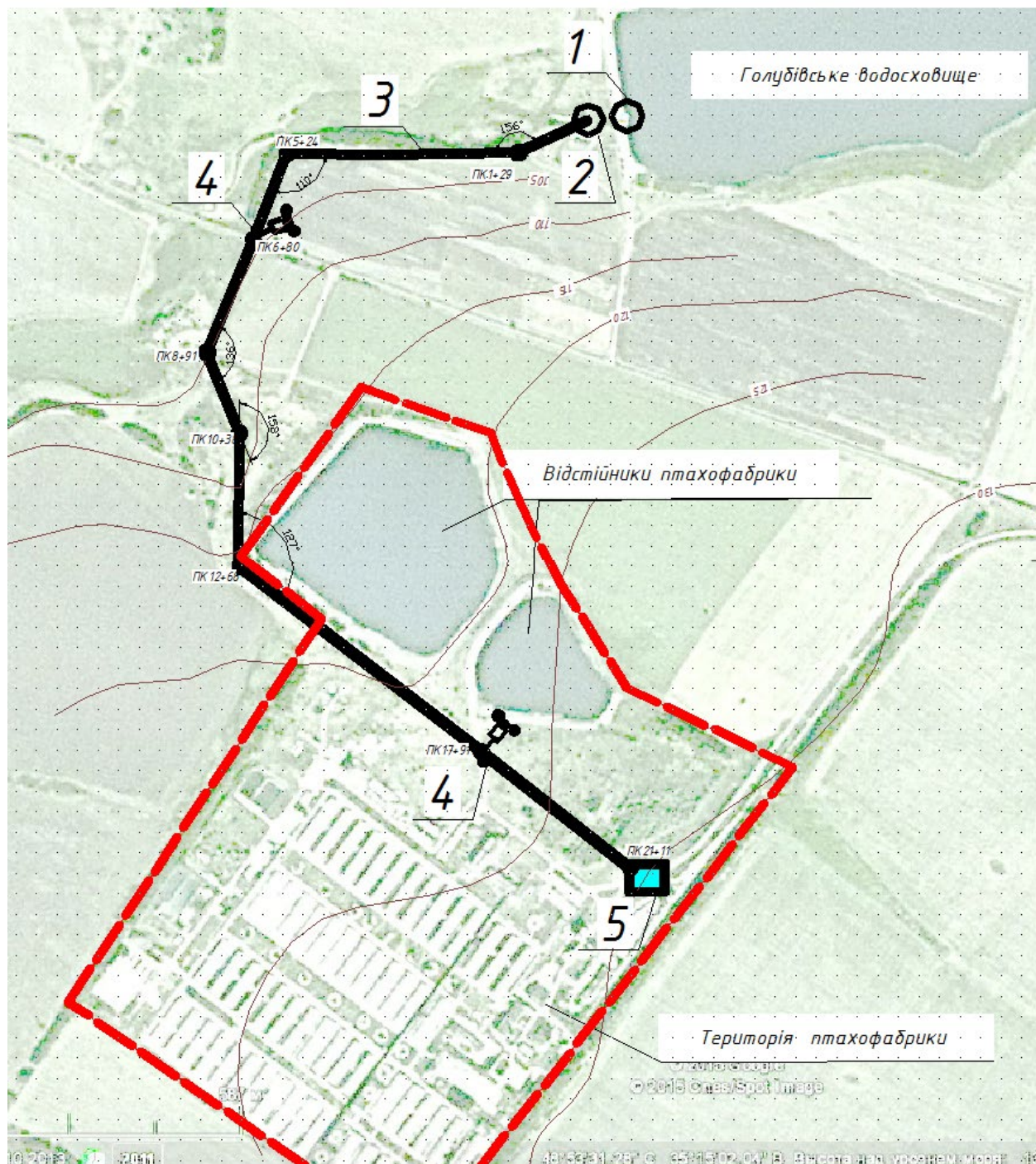


Рисунок 3.3 – Конструкція гідромережі при подачі гідротараном

В таблиці 3.3 наведені порівняльні параметри роботи гідротарану різного діаметру нагнітання.

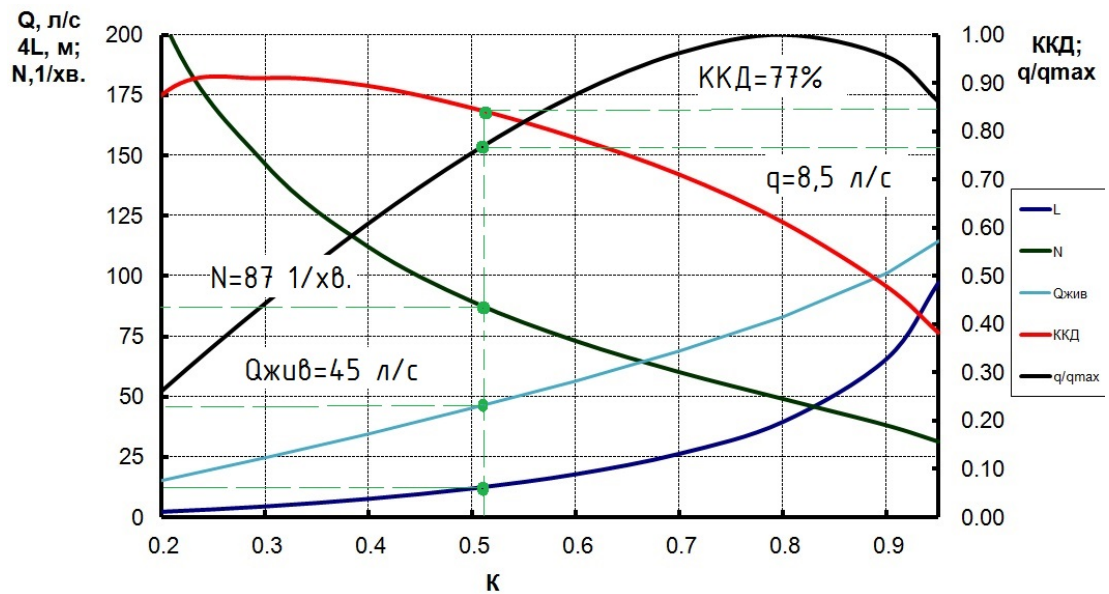


Рисунок 3.4 – Характеристики гідротарану ($D=250 \text{ мм}$)

Таблиця 3.3 – Характеристика роботи гідротарану різного діаметру

Параметр	ККД_{max}	q_{max}	ККД_{max}	q_{max}	ККД_{max}	q_{max}
$D, \text{м}$	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25
q/Q	0,2	0,13	0,2	0,13	0,24	0,13
ККД	0,9	0,61	0,91	0,61	0,91	0,61
$Q, \text{л/с}$	7,41	25,1	14,5	48,8	23,7	80
$Q, \text{л/с}$	1,47	3,37	2,9	6,6	4,7	10,8
k	0,3	0,8	0,3	0,8	0,3	0,8

Як видно з таблиці 4.3 максимальна продуктивність гідротарану для нашого випадку ($h=30 \text{ м}$, $H=6,6 \text{ м}$, $D=250 \text{ мм}$) досягається при живильній витраті 80 л/с . Проте таку витрату не можливо забезпечити протягом року.

Таблиця 3.4 – Обґрунтування живильної витрати

Забезпеченість $P, \%$	Санітарна витрата меженного періоду, л/с		Максимальний горизонт НПГ, м БС	Баланс за сезон (додатковий до санітарного скид) $R, \text{тис.м}^3$
	мінімальна	середня		
25				
50	60	94	108,7	1065
75	45	59	108,7	440
85	38	44	108,7	175
95	25	25	108,49	0

4. КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ ГІДРОТАРАНУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОЗАБОРУ ТА ВОДОПОДАЧІ З СТАВКА

4.1 Конструкція забірною оголовка гідротарану

Конструкція приймального оголовка показана на рис.4.1. Розміри – на листі. Вибір принципової схеми показаний в розділі 3.

Гідравлічний розрахунок – в п.3.3 за яким діаметр живильного трубопроводу – 250 мм. Відмітка порогу живильного отвору обґрунтована в п.2.4 і склала 107,0 м. Її розмір 50х50 см достатній для живлення гідротарану витратою до 8,5 л/с. при горизонті води в ставку 107 м, що нижче НПГ.

Внутрішній ковш представляє собою закритий металевий стакан розміром 1,15х0,42 м. Відмітка гребня співпадає з НПГ це дає можливість підтримувати максимально можливий напір на гідротарані, який визначається поточним горизонтом води в ставку.

Вхідний оголовок живильного отвору ззовні та стакан всередині башти водоскиду захищені сміттєутримуючою решіткою для захисту від засмічення крупними предметами.

Для відключення гідротарану передбачена плоска шандора.

Конструкція живильного трубопроводу гідротарану показана на рис.4.1.

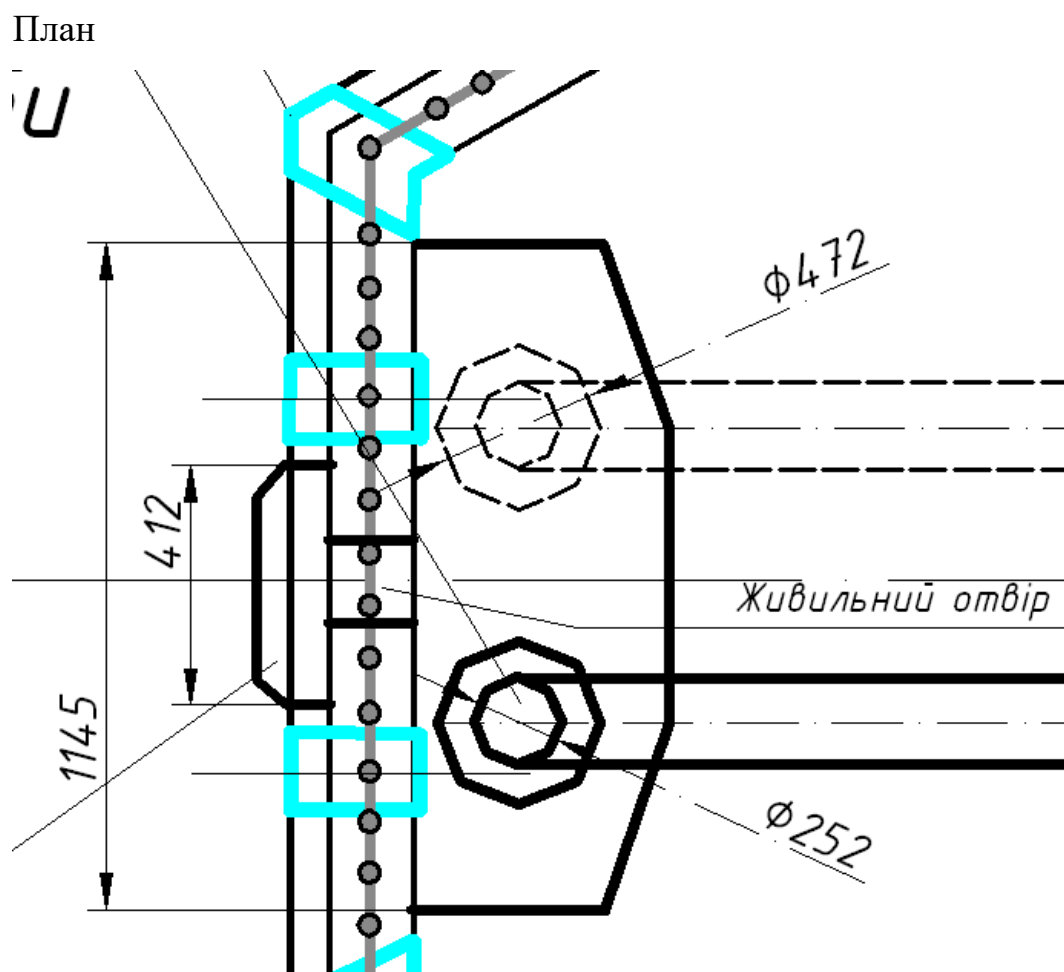
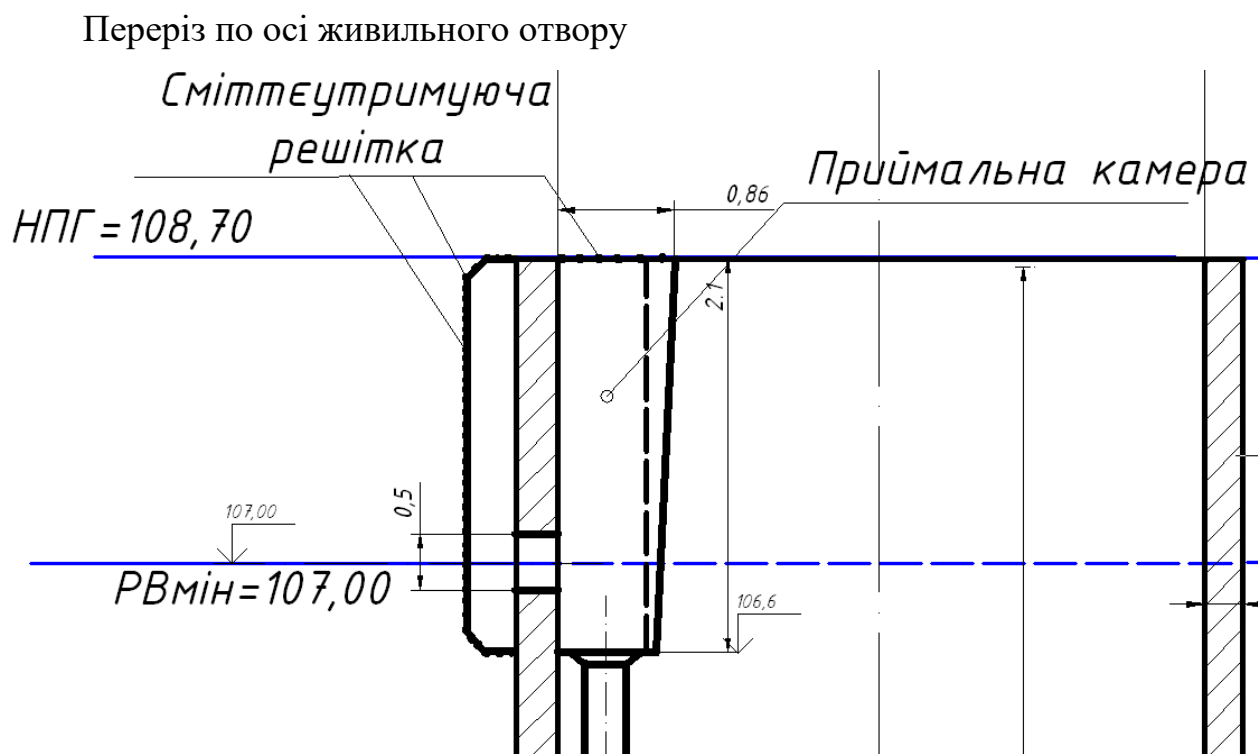


Рисунок 4.1 – Конструкція приймального оголовку гідротарану

4.2. Монтажна схема гідротарану та об'єми робіт

Виходячи з плану ділянки (рис. 3.3) та запроєктованої мережі кількісні параметри гідромережі гідротарану наступні:

1. Гідротаранна установка - 1 шт;
2. Довжина (діаметр) живильного трубопроводу - 40 м (250 мм)
3. Довжина (діаметр) трубопроводу подачі - 2111 м / 150 мм;
4. Об'єм (кількість) регулюючих ємкостей - 1200 м³ / 1 шт;
5. Напір живильний: $H=6,6 \dots 8$ м;
6. Водопідйом h =до 35 м.

Конструктивні особливості відображені на кресленні на рис.4.2 та в додатку В.

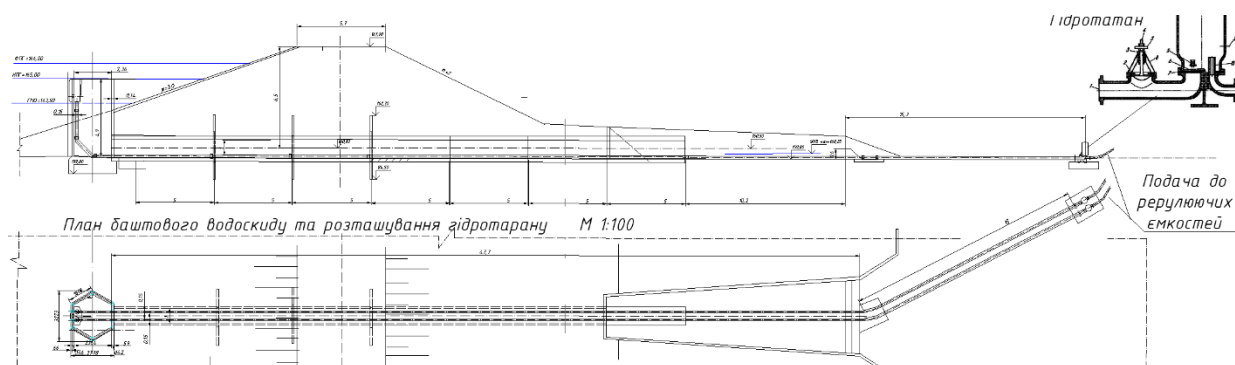


Рисунок 4.2 – Конструкція «живильної» нитки гідротарану

4.3. Наладка та пуск таранної установки

Після завершення монтажу гідравлічного тарана перед введенням його в експлуатацію необхідно провести ретельну перевірку всіх основних вузлів системи. Особливу увагу слід приділити герметичності живильного трубопроводу, повітряного ковпака, а також надійності закриття ударного та нагнітального клапанів, оскільки саме ці елементи визначають стабільність і ефективність роботи установки.

Для контролю герметичності відкривають засувку на підвідній лінії, заповнюють живильний трубопровід водою та переводять ударний клапан у верхнє положення. Після кількох хвилин роботи, коли вода почне витікати з живильного басейну, необхідно оглянути всі зварні або різьбові з'єднання трубопроводу та виявити можливі місця витоку. Одночасно перевіряють щільність закриття ударного клапана. Для цього його декілька разів відкривають і закривають, після чого залишають у закритому положенні. За справного стану клапан не повинен пропускати воду.

Перевірка нагнітального клапана здійснюється шляхом відкриття крана манометра, встановленого на повітряному ковпаку, та перекриття засувки нагнітального трубопроводу. Якщо клапан герметичний, показання манометра залишаються незмінними. Поступове зниження тиску свідчить про негерметичність клапана або наявність витоків у повітряному ковпаку, які необхідно усунути.

Після завершення перевірок систему спорожнюють, усувають виявлені несправності та готують обладнання до запуску.

Пуск установки виконують у визначеній послідовності. Після відкриття підвідної засувки необхідно витримати приблизно 3–4 хвилини для повного заповнення живильної труби водою та видалення повітряних пробок. У цей час ударний клапан повинен залишатися закритим. Коли вихід бульбашок повітря припиниться, клапан відкривають.

За невеликого живильного напору таран нерідко починає працювати автоматично вже після першого відкриття ударного клапана. Якщо ж напір є значним, може знадобитися кілька примусових відкриттів для створення у повітряному ковпаку тиску, що приблизно вдвічі перевищує живильний напір.

У випадку довгого та пологого нагнітального трубопроводу формування необхідного тиску займає більше часу. Тому запуск доцільно виконувати при частково або повністю закритій засувці нагнітальної лінії.

Під час послідовного відкривання ударного клапана необхідно контролювати показання манометра. Після досягнення потрібного рівня тиску та переходу системи до автоматичної роботи засувку поступово відкривають, підтримуючи тиск у ковпаку на рівні, вищому за подвоєний живильний напір. Коли манометр покаже робочий тиск, що відповідає нагнітальному напору, засувку відкривають повністю.

Після виходу установки на стабільний режим необхідно виконати її регулювання. Налаштування можуть бути спрямовані або на досягнення максимальної продуктивності, або на забезпечення найвищого коефіцієнта корисної дії. При цьому слід враховувати, що певна частина води неминуче відводиться через ударний клапан і є невід'ємною складовою роботи гідравлічного тарана.

Після завершення регулювання манометр від'єднують, попередньо перекривши триходовий кран. Усі регульовальні механізми та кріпильні елементи необхідно надійно зафіксувати й перевірити їхню затяжку.

Через декілька годин після запуску рекомендується повторно перевірити герметичність трубопроводів, повітряного ковпака та ефективність роботи повітряного пристрою. Недостатнє надходження повітря призводить до посилення пульсацій потоку, збільшення вібрацій і поступового погіршення роботи системи. Тривала безперебійна експлуатація можлива лише за умови справного функціонування цього вузла.

Живильний трубопровід доцільно остаточно засипати ґрунтом лише після кількох днів стабільної роботи установки, коли буде підтверджено відсутність прихованих дефектів.

Якщо використовується декілька таранів із окремими живильними трубами, кожену установку запускають окремо. Після введення в роботу першого агрегату подальший запуск інших спрощується, оскільки нагнітальний трубопровід уже перебуває під тиском. За таких умов

наступні тарани можуть переходити до автоматичного режиму вже після першого примусового відкриття ударного клапана.

У разі підключення кількох таранів до спільної живильної труби підвищення тиску в одному з повітряних ковпаків може спричинити одночасне відкриття ударних клапанів інших агрегатів. У результаті всі установки починають працювати синхронно.

Для малогабаритних таранів із невеликим живильним напором відкриття ударного клапана зазвичай виконується вручну без значних зусиль. Однак за високого напору, який перевищує приблизно 20 м водяного стовпа, для відкриття клапана необхідно застосовувати спеціальні механічні пристрої, оскільки ручного зусилля вже недостатньо.

4.4. Регулювання роботи тарана

Для забезпечення максимальної ефективності роботи гідравлічного тарана необхідно виконати його правильне налаштування. Основними параметрами, що підлягають регулюванню, є маса ударного клапана, величина його ходу, а також хід нагнітального клапана.

Маса та переміщення ударного клапана визначають величину живильної витрати води Q і, відповідно, режим роботи установки. Натомість регулювання ходу нагнітального клапана дозволяє досягти максимальної подачі води за заданої живильної витрати.

Налаштування системи доцільно розпочинати з регулювання ударного клапана. Оскільки гідравлічний таран здатний стабільно працювати в широкому діапазоні мас клапана, конкретне значення може бути визначене лише з урахуванням реальних умов експлуатації. Одна й та сама витрата води може бути забезпечена різними поєднаннями маси та ходу клапана. Збільшення маси зазвичай дає змогу зменшити величину його переміщення.

Для кожної установки існує мінімально допустима маса ударного клапана, за якої зберігається стійкий і рівномірний режим роботи. Якщо клапан надто легкий, під час опускання він не встигає повністю відкрити прохідний отвір, оскільки гідродинамічний тиск потоку повертає його у вихідне положення ще до завершення повного ходу.

З цієї причини спочатку визначають мінімальну робочу масу клапана. Для цього встановлюють стандартний хід, що становить приблизно чверть діаметра прохідного отвору ($\delta = d/4$), і запускають установку з мінімально можливою масою клапана. Далі масу поступово збільшують до моменту, коли рух клапана стане рівномірним і ритмічним.

Якщо при мінімальній масі та стандартному ході забезпечується необхідна живильна витрата, то саме це значення маси приймається як робоче, а подальше коригування продуктивності здійснюється зміною величини ходу клапана. Якщо ж потрібна витрата не досягається, масу клапана збільшують, не змінюючи його початкового ходу.

Практика показує, що збільшення подачі води доцільно забезпечувати не за рахунок збільшення ходу ударного клапана понад нормативне значення, а шляхом підвищення його маси. Тому в більшості випадків рекомендується працювати при співвідношенні $\delta \leq d/4$.

Зміна маси клапана зазвичай виконується за допомогою додаткових змінних вантажів. У деяких конструкціях, де використовується суцільний клапан без можливості встановлення вантажів, налаштування проводять за допомогою спеціального еталонного клапана. Після визначення необхідної маси робочий клапан механічно доопрацьовують, щоб його параметри відповідали встановленим значенням.

Позитивний результат також дає використання пружин замість традиційних вантажів. Завдяки меншій інерційності пружин клапан працює точніше та стабільніше, а коефіцієнт корисної дії установки дещо підвищується. Недоліком такого рішення є обмежений ресурс пружних елементів.

Під час налаштування ударного клапана нагнітальний клапан повинен бути встановлений у середнє положення. Після завершення регулювання ударного клапана переходять до налаштування нагнітального.

Маса нагнітального клапана практично не впливає на робочі характеристики установки, тому під час проєктування її намагаються мінімізувати, забезпечуючи лише необхідну механічну міцність. Основним регульовальним параметром у цьому випадку є величина ходу клапана.

Неправильно встановлений хід нагнітального клапана може суттєво знизити продуктивність системи, а за несприятливих умов навіть повністю припинити подачу води. Особливо це характерно для випадків, коли співвідношення між живильним і нагнітальним напорами є значним.

Оптимальне значення ходу залежить від режиму роботи установки. За невеликих нагнітальних напорів воно зазвичай більше, тоді як при високих напорах і великих значеннях відношення h/H хід клапана повинен бути значно меншим.

Тому після завершення основного налаштування обов'язково проводять додаткове регулювання нагнітального клапана. Якщо конструкція передбачає зовнішній механізм регулювання, спочатку встановлюють максимальний хід клапана та визначають величину подачі води. Після цього хід поступово зменшують, кожного разу контролюючи продуктивність установки. Оптимальним вважається положення, за якого досягається найбільша витрата води.

Налаштування можна виконувати також за показаннями манометра, встановленого на повітряному ковпаку. Для цього частково перекривають засувку нагнітальної лінії та підвищують тиск у системі на 10–20 % вище робочого значення. Поступово змінюючи хід клапана, спостерігають за показаннями манометра. Найкращим вважається положення, при якому

тиск досягає максимального значення. Після завершення регулювання засувку повністю відкривають.

Щоб запобігти передчасному зносу регулювальних елементів, оптимальний хід клапана доцільно зафіксувати за допомогою спеціальних змінних прокладок або гумових шайб, після чого відвести регулювальний болт від зони контакту з клапаном.

У конструкціях, які не мають зовнішніх регулювальних механізмів, налаштування виконується аналогічним способом, однак для кожної зміни положення клапана необхідно розбирати відповідний вузол і вручну коригувати величину його ходу.

4.5. Ознаки несправності нагнітального і ударного клапанів

Однією з найпоширеніших причин самовільної зупинки гідравлічного тарана є несправність клапанних вузлів. Саме тому під час введення установки в експлуатацію особливу увагу приділяють перевірці герметичності ударного та нагнітального клапанів. Порушення щільності їх закриття може не лише знизити ефективність роботи системи, а й повністю припинити її функціонування.

У разі негерметичного закриття ударного клапана під час нагнітання частина води виходить через ударний вузол. За високого тиску в живильному трубопроводі втрати можуть бути значними. Це призводить до зменшення продуктивності установки та зниження коефіцієнта корисної дії. Якщо обсяг витоку перевищує допустимі межі, робота тарана може стати нестійкою або зовсім припинитися.

Перед розбиранням ударного вузла необхідно переконатися, що несправність не має випадкового характеру. Причиною витоку можуть бути сторонні частинки, наприклад пісок або дрібне сміття, які потрапили під клапан. Для перевірки установку запускають у роботу, спостерігають за її функціонуванням, а потім переводять ударний клапан у крайнє верхнє

положення, зупиняючи таран. Якщо після цього витік води зберігається, вузол підлягає розбиранню та огляду.

Найчастіше причинами такої несправності є зношення ущільнювальних гумових елементів, нерівномірне спрацювання металевих поверхонь, які сприймають удари, пошкодження робочих кромek клапана або збільшення зазорів між клапаном і прямою внаслідок тривалої експлуатації. За наявності запасних деталей пошкоджені елементи необхідно замінити.

Несправності нагнітального клапана також можуть спричиняти зупинку установки. Характерними ознаками є утруднене відкривання ударного клапана, поява сильного зворотного поштовху під час його примусового відкриття та поступове зниження тиску в повітряному ковпаку. Навіть після кількох спроб запуску тиск не перевищує значення живильного напору.

Досить часто причиною порушення роботи нагнітального клапана є потрапляння під його робочу поверхню сторонніх частинок. Якщо забруднення незначне, воно може бути видалене під час першого або кількох примусових відкриттів ударного клапана, після чого установка повертається до нормального режиму роботи. Якщо ж проблема не усувається і під час відкривання клапана відчувається значний опір або відбійна сила, необхідно розібрати нагнітальний вузол та провести його технічний огляд. Причини несправностей у більшості випадків аналогічні тим, що характерні для ударного клапана.

Ще однією поширеною причиною зупинки тарана є проникнення повітря в живильний трубопровід. Повітря може потрапляти як із живильного басейну, так і через найменші негерметичності трубопроводу. Наявність повітря в системі порушує нормальний перебіг гідравлічних процесів і призводить до нестабільної роботи установки.

У разі підсмоктування повітря після примусового запуску таран працює нерівномірно: удари стають частішими, змінюється їх звучання,

ритм роботи порушується, а через певний час установка повністю зупиняється. Додатковою ознакою є поява бульбашок повітря, які виходять із живильної труби в живильний резервуар.

При виявленні таких симптомів необхідно насамперед перевірити умови надходження води до живильного басейну. Якщо потік спричиняє інтенсивну аерацію води, слід усунути це явище. За відсутності аерації необхідно ретельно оглянути трубопровід на наявність нещільностей або пошкоджень.

Важливе значення для стабільної роботи тарана має також справність пристрою, який забезпечує поповнення повітря в повітряному ковпаку. Його несправність може призвести не лише до порушення роботи установки, а й до серйозних аварійних ситуацій, зокрема пошкодження трубопроводів або самого ковпака.

За нормальних умов повітря в ковпаку виконує роль демпфера, зменшуючи коливання тиску в системі. Якщо кількість повітря поступово зменшується, амплітуда пульсацій водяного потоку зростає. У результаті виникають сильні вібрації, які передаються на нагнітальний трубопровід та інші елементи конструкції.

Ознаками недостатньої кількості повітря є підвищений рівень шуму, характерне гудіння або хрипіння трубопроводу, а також відчутні механічні коливання всієї установки під час кожного гідравлічного удару. У разі появи таких симптомів роботу тарана слід негайно припинити, перевірити стан повітряного пристрою та відновити необхідний запас повітря в ковпаку. Лише після усунення несправності установка може бути знову введена в експлуатацію.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаних досліджень сформульовано такі основні висновки:

1. На основі аналізу довідкових, навчальних і спеціалізованих джерел узагальнено природно-кліматичні умови для верхів'я басейну річки Кільчень: сезонний розподіл атмосферних опадів та особливості формування і збереження снігового покриву, інші фактори, що впливають на стік річки.
2. Визначена необхідна потреба у технічній воді для Голубівської птахофабрики, що складає не менше 20 тис.м³ на рік. Також надана характеристика Голубівської птахофабрики.
3. Виконані гідрологічні розрахунки стоку та розрахований водогосподарський режим роботи гідротарану при сезонному регулюванні стоку.
4. Водність р. Кільчень дозволила обґрунтувати оптимальні характеристики гідротарану та його продуктивність шляхом проведення гідравлічних розрахунків гідротарану. Довжина (діаметр) живильного сталевих трубопроводу - 40 м (250 мм); Довжина (діаметр) пластмасового трубопроводу подачі - 211 м / (150 мм); оптимальна витрата водозабору – 45 л/с; розрахункова подача технічної води – 8,5 л/с. при ККД 19%. Робоча висота підйому води – 30 м при напорі – 6,6 м. Максимальний річний водозабір 100-130 тис.м³.
5. В меженний період, при зменшенні побутової витрати є необхідність перенастроїти роботу гідротарану на меншу витрату.
6. Важливою функцією гідротарану буде автоматична підтримка екологічних витрат в нижньому б'єфі річки, оскільки при співвідношенні напору на гідротарані до висоти підйому води близько 0,2 (як в

розрахунковому випадку) – 75-85% побутової витрати буде скидатись в нижній б'єф.

7. Встановлені конструктивні параметри вхідного оголовка гідротарану, конфігурацію живильного та напірного трубопроводів. Виконані відповідні інженерні креслення.

8. Означені технологічні операції при роботі гідротарану: наладка та пуск таранної установки, регулювання роботи тарану на задану витрату та ККД. Описані головні ознаки несправності нагнітального і ударного клапанів.

Вважаю, мету роботи досягнуто.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ESRI World Imagery. URL:
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>
2. Google Earth Pro. Google Планета Земля.
3. QGIS. ГІС з відкритим кодом. URL: <https://www.qgis.org/>
4. STUDY OF FRAGMENTATION IMPACT OF SMALL RIVERBEDS BY ARTIFICIAL WATERS ON THE QUALITY OF WATER RESOURCES (Вивчення впливу фрагментації русла малих річок штучними водами на якість водних ресурсів) Н. Нариш V. Andrieiev , , V. Kovalenko , Yu. Hrytsan , A. Pavlychenko Н.Нариш , В.Андреев , В.Коваленко , Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2022, № 3 Науковий вісник Національного гірничого університету. 2022, (3): 185 – 189. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-3/185>
5. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986-2005 рр.)/за ред. О.Т.Прохоренко, Т.І.Адаменко. Дніпропетровськ: 2011, 189 с.
6. Альбом карт к СНиП 2.06.03-14-1983./ Днепропетровский гос. аграрный ун-т. Днепропетровск : ДГАУ, 1997. 38 с.
7. Атлас “Климат и водные ресурсы Украины” / Липинский В.Н., Осадчий В.И., Шестопапов В.М. та інш. URL:
https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf
8. Атлас природних умов і природних ресурсів Української РСР. Гідрометеовидат, 1978. 183 с.
9. Большаков В.А. Справочник по гидравлике. Киев : Вища школа, 1984.
10. ВОДНА СТРАТЕГІЯ УКРАЇНИ на період до 2050 року
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80>

11. Водний кодекс України / Верхована Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 16.11.2025).
12. Водний фонд України: довідниковий посібник / М.М.Паламарчук, Н.Б.Закорчевна. К.: Шка-Центр, 2001. 329 с.
13. Географічна енциклопедія України. В 3 т. / під. ред. О.М.Маринич. – Київ.: Укр. енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.
14. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі (В. А. Дідур, О. Д. Савченко, Д. П. Журавель, С. І. Мовчан: навч. пос. К.: вид-во «Аграрна освіта», 2008, 325 с.
15. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: Підручник / Л. Є. Пелевін, Д. О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков; КНУБА, МОНУ. Київ. : 2015. 340 с.
https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Pelevin_2015_340.pdf
16. Гідротаранний насос. Wikipedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81
17. Гідротехнічні споруди : підручник / за ред. А.Ф. Дмітрієва. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 326 с.
18. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області: моногр. Д.: Вид-во ДНУ, 2006. 204 с.
19. ДБН А 2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проєктуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ : Держбуд України, 2004. 24 с. (введені в дію з 01.04.2004 р.).
20. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд, 2008. 72 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 (звернення 25.09.2018).
22. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Том II. Українська РСР.
 23. ДСТУ 3008–2015. Державний стандарт України. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 2015. 37с.
 24. Інвентаризаційні відомості про водні об'єкти та гідротехнічні споруди. РОВР у Дн.обл. 2009.
 25. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений : уч.пос. Киев: Высшая школа, 1987. 253 с.
 26. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Ліпінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
 27. Литовченко О.Ф. Інженерна гідрологія та регулювання: підручник . Дніпропетровськ: ДДАУ, 1993. 213 с.
 28. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
 29. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки [Теория, расчет и конструкции] / В.М. Овсепян. – М. : Машиностроение, 1968. – 128 с.
 30. Про затвердження Порядку встановлення режимів роботи штучних водних об'єктів та водогосподарських систем
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0280-22#Text>
 31. 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>
 32. Птахофабрика «Голубівська»
<https://www.facebook.com/agroovenua/posts/%D0%BF%D1%82%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81->

%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5-%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B1%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%83-%D1%82%D0%BE%D0%B2-%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%BE-%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD-%D0%B2%D1%96%D0%BD-%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D1%8C/417953909923445/

33. Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>).
34. Ресурси поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье / под ред. М.С. Каганера.: Гидрометеиздат, 495 с.
35. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
36. СНіП. 2.01.14-83. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик: Стройіздат, 1985. 36 с.(рос.мова)
37. Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. Київ : Вища школа, 1984. 344 с.
38. УКРАЇНА (19) UA (11) 163113 (13) U (51) МПК E02B 3/02 (2006.01) (54) СПОСІБ ОБЛАШТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД З РИБОПРОПУСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ НА СТАВКАХ РУСЛОВОГО ТИПУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕЧІЇ МАЛИХ РІЧОК. Гапіч Геннадій Васильович (UA), Коваленко Володимир Васильович (UA), Новіцький Роман Олександрович (UA). опубл. 27.05.2026, Бюл.№ 21 <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1924416/> (звернення 03.06.26)
39. Україна (19)UA (11)154298 (13)U (51) МПК E02B 3/02 (2006.01) (54) СПОСІБ ОБЛАШТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ

- СПОРУД У ЗАПЛАВІ МАЛИХ РІЧОК ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЇХ ГІДРОЛОГІЧНИМ РЕЖИМОМ Андрєєв Василь Генріхович (UA), Якубенко Леонід Вікторович (UA), Гапіч Геннадій Васильович (UA), Коваленко Володимир Васильович (UA) . опубл. 01.11.2023, Бюл.№ 44 <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1769182/> (звернення 03.06.26)
40. Україна (19)UA (11)156105 (13)U (51) МПК Е02В 3/02 (2006.01). (54) СПОСІБ ОБЛАШТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА СТАВКАХ РУСЛОВОГО ТИПУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕЧІЇ МАЛИХ РІЧОК. Гапіч Геннадій Васильович (UA), Коваленко Володимир Васильович (UA) . опубл. 08.05.2024, Бюл.№ 19 <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1798419/> (звернення 03.06.26)
41. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. А.М.Маринича. Киев: Издат. Киевского ун-та, 1968. 684 с.
42. Цифрова модель рельєфу USGS [Роздільна здатність : 30 м]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
43. Чистопольский С. Д. *Гідравлічні тарани: Теорія, розрахунок і монтаж. ОНТІ. Головна редакція енергетичної літератури, 1937.*

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Ряд спостережень за витратою (м³/с), р. Кільчень, с. Олександрівка

Рік	Січень	Лютий	Березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопа д	грудень
1976	0.000	0.488	0.402	0.013	0.022	0.042	0.016	0.021	0.032	0.014	0.053	0.000
1977	1.197	0.138	0.029	0.021	0.138	0.090	0.025	0.029	0.028	0.064	0.042	1.197
1978	0.202	1.372	0.195	0.272	0.092	0.062	0.014	0.043	0.040	0.035	0.086	0.202
1979	0.745	0.521	0.626	0.073	0.007	0.010	0.009	0.021	0.016	0.028	0.040	0.745
1980	0.227	0.181	0.998	0.096	0.142	0.034	0.013	0.014	0.010	0.096	0.138	0.227
1981	0.443	0.506	0.153	0.142	0.012	0.002	0.000	0.002	0.018	0.102	0.219	0.443
1982	0.120	0.304	0.202	0.135	0.065	0.069	0.020	0.017	0.244	0.315	0.176	0.120
1983	0.402	0.296	0.116	0.090	0.035	0.013	0.009	0.037	0.032	0.062	0.029	0.402
1984	0.026	0.060	0.106	0.021	0.014	0.010	0.004	0.002	0.008	0.020	0.038	0.026
1985	0.537	0.862	0.204	0.021	0.020	0.080	0.014	0.002	0.017	0.025	0.026	0.537
1986	0.092	0.581	0.110	0.057	0.017	0.016	0.004	0.004	0.016	0.026	0.014	0.092
1987	0.020	0.064	1.098	0.098	0.034	0.016	0.025	0.020	0.032	0.025	0.021	0.020
1988	0.017	0.437	0.112	0.028	0.038	0.086	0.017	0.051	0.031	0.040	0.042	0.017
1989	0.142	0.102	0.069	0.029	0.037	0.045	0.006	0.011	0.028	0.055	0.073	0.142
1990	0.118	0.104	0.050	0.029	0.050	0.013	0.007	0.006	0.016	0.045	0.051	0.118
1991	0.021	0.096	0.073	0.051	0.046	0.025	0.004	0.004	0.010	0.020	0.018	0.021
1992	0.035	0.142	0.046	0.043	0.178	0.021	0.001	0.001	0.017	0.045	0.025	0.035
1993	0.032	0.294	0.149	0.034	0.028	0.009	0.006	0.017	0.026	0.011	0.026	0.032
1994	0.028	0.379	0.164	0.075	0.050	0.012	0.001	0.000	0.000	0.006	0.010	0.028
1995	0.399	0.108	0.181	0.060	0.017	0.006	0.008	0.007	0.019	0.055	0.054	0.399
1996	0.108	0.345	0.348	0.125	0.037	0.009	0.004	0.006	0.022	0.050	0.040	0.108
1997	0.118	0.254	0.110	0.032	0.024	0.178	0.088	0.069	0.114	0.146	0.144	0.118
1998	0.237	0.376	0.283	0.078	0.028	0.022	0.022	0.010	0.018	0.040	0.029	0.237

1999	0.385	0.127	0.051	0.046	0.029	0.009	0.006	0.001	0.014	0.031	0.058	0.385
2000	0.100	0.232	0.160	0.051	0.048	0.024	0.010	0.016	0.032	0.043	0.065	0.100

Таблиця А.2 –3.4 Стік води за рік, лімітуючий період і сезон р. Кільчень, с. Олександрівка , м³/с

№ п/п	Рік	Q _{сер} , рік	Q _{міс} , за рік	□ Q _{міс} , за лімітуючий період	□ Q _{міс} , за лімітуючий сезон	Стік в зменшеному порядку						P=m/(n+1) □ 100%
						за рік		за лімітуючий період		за лімітуючий сезон		
						рік	ΣQ _{міс}	рік	ΣQ _{міс}	рік	ΣQ _{міс}	
1	1976	0,093	1,115	0,225	0,065	1978	3,046	1978	1,277	1978	0,718	3,8
2	1977	0,151	1,816	0,452	0,058	1980	2,223	1982	1,256	1984	0,569	7,7
3	1978	0,254	3,046	1,277	0,718	1979	2,159	1997	1,111	1981	0,534	11,5
4	1979	0,180	2,159	0,267	0,105	1985	2,004	1980	0,817	1997	0,459	15,4
5	1980	0,185	2,223	0,817	0,413	1981	1,914	1981	0,812	1980	0,413	19,2
6	1981	0,159	1,914	0,812	0,534	1982	1,882	1984	0,647	1982	0,390	23,1
7	1982	0,157	1,882	1,256	0,390	1977	1,816	1988	0,486	1985	0,221	26,9
8	1983	0,098	1,171	0,357	0,079	1997	1,593	1977	0,452	1988	0,195	30,8
9	1984	0,070	0,840	0,647	0,569	1987	1,483	1985	0,400	1998	0,150	34,6
10	1985	0,167	2,004	0,400	0,221	1998	1,264	1992	0,379	1989	0,136	38,5
11	1986	0,080	0,956	0,174	0,034	1983	1,171	1998	0,368	1994	0,128	42,3
12	1987	0,124	1,483	0,302	0,053	1976	1,115	1983	0,357	1979	0,105	46,2
13	1988	0,088	1,051	0,486	0,195	1996	1,104	1989	0,347	1990	0,099	50,0
14	1989	0,055	0,659	0,347	0,136	1988	1,051	1996	0,303	1993	0,095	53,8
15	1990	0,045	0,537	0,265	0,099	1986	0,956	1987	0,302	1999	0,095	57,7
16	1991	0,032	0,387	0,198	0,038	1995	0,953	2000	0,289	1995	0,094	61,5
17	1992	0,050	0,603	0,379	0,073	1994	0,844	1994	0,273	1983	0,079	65,4
18	1993	0,058	0,700	0,225	0,095	1984	0,840	1979	0,267	1992	0,073	69,2
19	1994	0,070	0,844	0,273	0,128	1999	0,795	1995	0,266	2000	0,065	73,1
20	1995	0,079	0,953	0,266	0,094	2000	0,780	1990	0,265	1976	0,065	76,9

21	1996	0,092	1,104	0,303	0,051	1993	0,700	1999	0,232	1977	0,058	80,8
22	1997	0,133	1,593	1,111	0,459	1989	0,659	1993	0,225	1987	0,053	84,6
23	1998	0,105	1,264	0,368	0,150	1992	0,603	1976	0,225	1996	0,051	88,5
24	1999	0,066	0,795	0,232	0,095	1990	0,537	1991	0,198	1991	0,038	92,3
25	2000	0,065	0,780	0,289	0,065	1991	0,387	1986	0,174	1986	0,034	96,2

Таблиця А.3-Розподіл стоку за місяцями та сезонами за вибраними роками-аналогами розрахункової забезпеченості 3.5

Характеристика року	Витрата Q	Місячний стік												Сезонний стік			Річний стік	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	02_04	05_11	12_01	Q _{міс}	Q _{рік}
Характерні роки-моделі																		
Середній	м³/с	0,05	0,40	0,30	0,12	0,09	0,04	0,01	0,01	0,04	0,03	0,06	0,03	0,81	0,28	0,08	1,17	0,10
1982	%	4,25	34,31	25,29	9,92	7,67	3,01	1,13	0,74	3,14	2,75	5,28	2,50	69,52	23,73	6,75	100	
Маловодний	м³/с	0,00	0,10	0,23	0,16	0,05	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,49	0,22	0,07	0,78	0,07
1975	%	0,00	12,78	29,67	20,48	19,82	7,03	3,02	1,25	2,01	4,13	5,53	8,38	62,94	28,68	8,38	100	
Гостропосушливий	м³/с	0,02	0,02	0,10	0,07	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,19	0,16	0,04	0,39	0,03
1986	%	5,04	5,38	24,75	18,79	13,29	11,99	6,45	1,08	0,95	2,53	5,04	4,70	48,93	41,33	9,75	100	
Розрахункові роки для водозбору р. Кільчень в розрахунковому створі																		
Середній (норма)	м³/с	0,054	0,438	0,323	0,127	0,098	0,038	0,014	0,009	0,040	0,035	0,067	0,032	0,89	0,30	0,09	1,275	0,106
Маловодний (75%)	м³/с	0,000	0,146	0,339	0,234	0,226	0,080	0,034	0,014	0,023	0,047	0,063	0,096	0,72	0,49	0,10	1,142	0,095
Гостропосушливий (90%)	м³/с	0,022	0,024	0,110	0,084	0,059	0,053	0,029	0,005	0,004	0,011	0,022	0,021	0,22	0,18	0,04	0,445	0,037

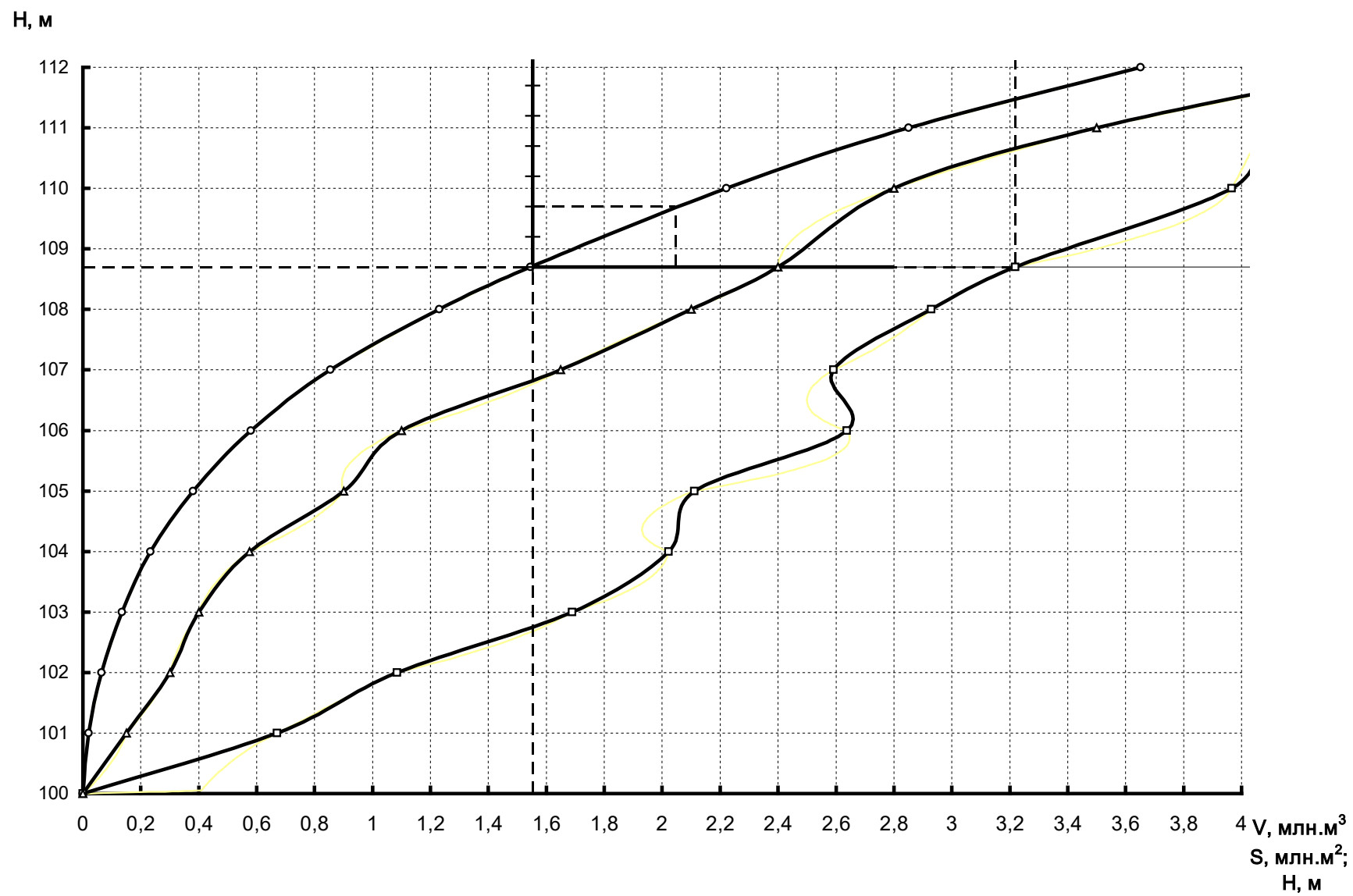


Рисунок А.1 – Топографічні характеристики ставка

Таблиця Б.1 - Розрахунок сезонного регулювання стоку без врахування втрат

Розрахунковий інтервал (місяць)	Витрата, м ³ /с		Об'єм млн. м ³		W-q, млн. м ³		Перший варіант	
	приток Q	споживання q	приток W	вання q	надлишок	нестача	млн. м ³	R, млн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
							0,000	
Лютий	0,101	0,045	0,266	0,118	0,147		0,147	
Березень	0,234	0,045	0,616	0,118	0,498		0,362	0,283
Квітень	0,162	0,046	0,425	0,120	0,305		0,362	0,305
Травень	0,157	0,051	0,412	0,134	0,277		0,362	0,277
Червень	0,056	0,051	0,146	0,133	0,013		0,362	0,013
Липень	0,024	0,051	0,063	0,134		0,072	0,290	
Серпень	0,010	0,050	0,026	0,131		0,105	0,185	
Вересень	0,016	0,049	0,042	0,128		0,086	0,099	
Жовтень	0,033	0,045	0,086	0,118		0,033	0,066	
Листопад	0,044	0,045	0,115	0,118		0,004	0,063	
Грудень	0,066	0,045	0,174	0,118	0,056		0,118	
Січень		0,045		0,118		0,118	0,000	
Сума			2,370	1,491	1,296	0,418		0,879
Різниця			0,879		0,879			

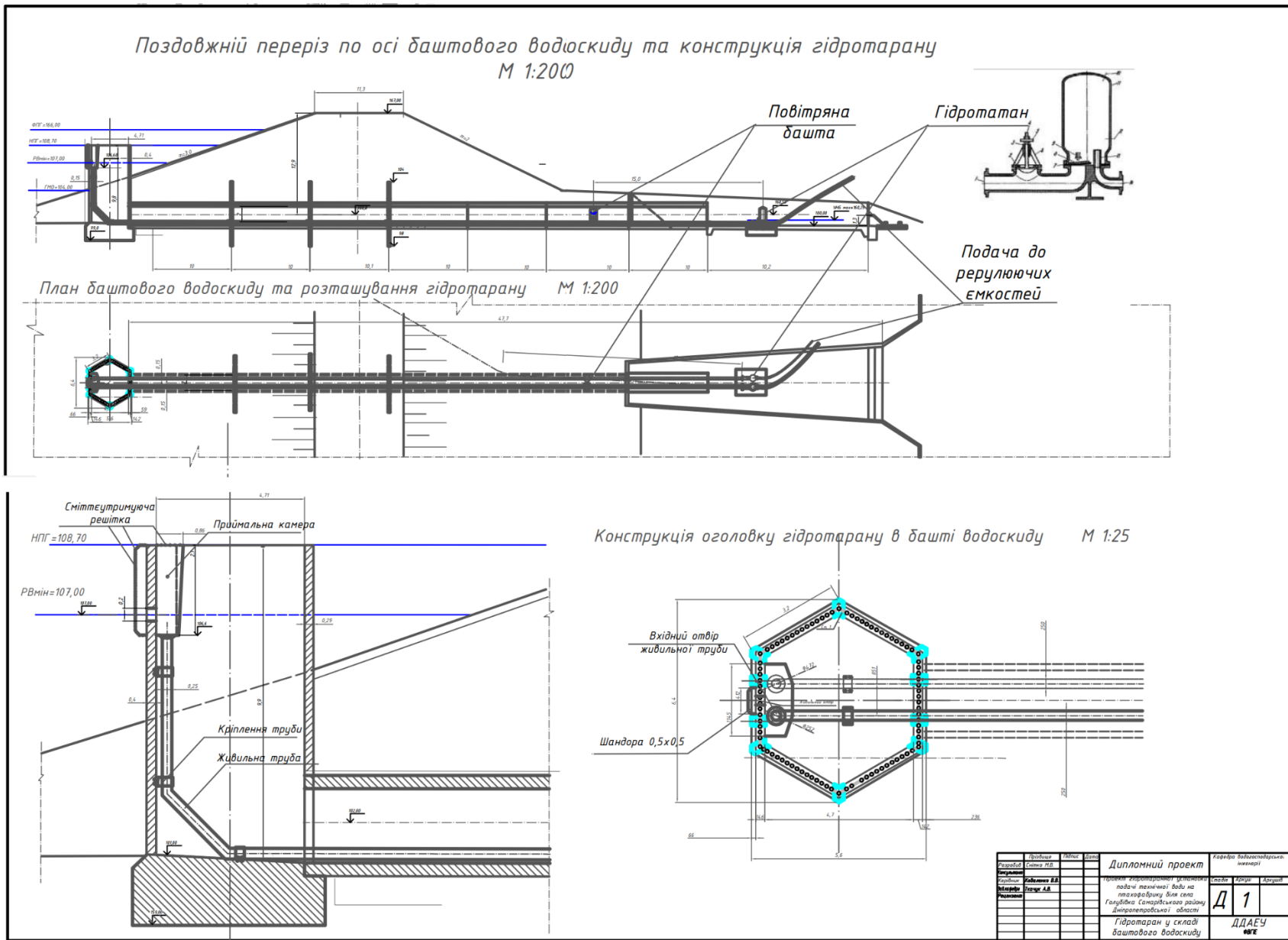
Таблиця Б.2 – Розрахунок сезонного регулювання стоку з урахуванням втрат по першому способу (перше наближення).

Місяць	Об'єм водосховища, млн. м ³	Розрахунковий об'єм, млн. м ³	Площа водного дзеркала, млн. м ²	Розрахунок випаровування, мм	Втрати, млн. м ³			Об'єм притока, млн. м ³	Споживання, млн. м ³		$W - \sum q_{бр}$		Перший варіант	
					на випаровування W_e	на фільтрацію W_{ϕ}	в сумі $W_e + W_{\phi}$		$\sum q_{нт}$	$\sum q_{бр}$	надлишок	нестача	$V_{кор.}$ млн. м ³	скид R_s млн. м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0,855												0,000	
Лютий		0,929	0,35	0,0	0,000	0,013	0,013	0,266	0,118	0,131	0,134		0,134	
	1,002												0,134	
Березень		1,110	0,39	-44,2	-0,017	0,016	-0,002	0,616	0,118	0,117	0,499		0,634	
	1,217												0,634	
Квітень		1,217	0,42	22,1	0,009	0,017	0,026	0,425	0,120	0,147	0,279		0,665	0,248
	1,217												0,665	
Травень		1,217	0,42	55,2	0,023	0,017	0,040	0,412	0,134	0,174	0,238		0,665	0,238
	1,217												0,665	
Червень		1,217	0,42	99,4	0,041	0,017	0,058	0,146	0,133	0,191		0,045	0,619	
	1,217												0,619	
Липень		1,181	0,41	143,5	0,058	0,017	0,075	0,063	0,134	0,209		0,146	0,473	
	1,145												0,473	
Серпень		1,093	0,38	132,5	0,051	0,015	0,066	0,026	0,131	0,197		0,171	0,302	
	1,040												0,302	
Вересень		0,997	0,36	88,3	0,032	0,014	0,046	0,042	0,128	0,174		0,132	0,170	
	0,954												0,170	
Жовтень		0,937	0,35	44,2	0,015	0,013	0,028	0,086	0,118	0,147		0,061	0,109	
	0,921												0,109	
Листопад		0,919	0,34	11,0	0,004	0,013	0,017	0,115	0,118	0,135		0,020	0,089	
	0,918												0,089	
Грудень		0,945	0,35	0,0	0,000	0,013	0,013	0,174	0,118	0,132	0,042		0,131	
	0,973												0,131	
Січень		0,914	0,34	0,0	0,000	0,013	0,013	0,000	0,118	0,131		0,131	0,000	
	0,855												0,000	
Сума							0,393				1,193	0,707		0,485
Різниця											0,485			

Таблиця Б.3 – Розрахунок сезонного регулювання стоку з урахуванням втрат по першому способу (друге наближення).

Місяць	Об'єм водосховища, млн. м ³	Розрахунковий об'єм, млн. м ³	Площа водного дзеркала, млн. м ²	Розрахунок випаровування, мм	Втрати, млн. м ³			Об'єм притока, млн. м ³	Споживання, млн. м ³		$W - \sum q_{бр}$		Перший варіант	
					на випаровування W_{ϵ}	на фільтрацію W_{ϕ}	в сумі $W_{\epsilon} + W_{\phi}$		$\sum q_{нт}$	$\sum q_{бх}$	надлишок	нестача	$V_{кор}$, млн. м ³	скид R , млн. м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0,855												0,000	
Лютий		0,922	0,34	0,0	0,000	0,013	0,013	0,266	0,118	0,131	0,134			
	0,989												0,134	
Березень		1,239	0,42	-44,2	-0,019	0,017	-0,001	0,616	0,118	0,117	0,499			
	1,489												0,633	
Квітень		1,504	0,47	22,1	0,010	0,021	0,031	0,425	0,120	0,152	0,274			0,210
	1,520												0,697	
Травень		1,520	0,48	55,2	0,026	0,021	0,048	0,412	0,134	0,182	0,230			0,230
	1,520												0,697	
Червень		1,497	0,47	99,4	0,047	0,021	0,068	0,146	0,133	0,201		0,055		
	1,474												0,642	
Липень		1,401	0,45	143,5	0,065	0,020	0,085	0,063	0,134	0,219		0,156		
	1,328												0,486	
Серпень		1,242	0,42	132,5	0,056	0,017	0,073	0,026	0,131	0,204		0,178		
	1,157												0,307	
Вересень		1,091	0,38	88,3	0,034	0,015	0,049	0,042	0,128	0,177		0,135		
	1,025												0,172	
Жовтень		0,994	0,36	44,2	0,016	0,014	0,030	0,086	0,118	0,148		0,062		
	0,964												0,110	
Листопад		0,954	0,35	11,0	0,004	0,013	0,017	0,115	0,118	0,136		0,021		
	0,944												0,089	
Грудень		0,965	0,36	0,0	0,000	0,014	0,014	0,174	0,118	0,132	0,042			
	0,986												0,131	
Січень		0,921	0,34	0,0	0,000	0,013	0,013	0,000	0,118	0,131		0,131		
	0,855												0,000	
Сума							0,439				1,179	0,739		0,440
Різниця											0,440			

Додаток В



ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

**Проект гідротаранної установки подачі технічної
води на птахофабрику біля села Голубівка
Самарівського району Дніпропетровської області**

Спеціальність – 194 "Гідротехнічне будівництво, водна
інженерія та водні технології"
Освітньо-професійна програма "Водна інженерія та водні
технології"

Марія СНІТКО

Дніпро – 2026