

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

Факультет Технології вина та туристичного бізнесу
Кафедра Технології вина та сенсорного аналізу
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 181 «Харчові технології»
Освітня програма «Технології продуктів бродіння, напоїв та виноробства»



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: «Розробка технології збору, очищення та використання дощової води для потреб Одеського національного технологічного університету»

Здобувача Чумахана П.О.

2 курсу ХТМ - 62 групи

Керівник проф. Коваленко О.О.

Консультант проф. Самофатова В.А.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2023 р., протокол № ____.

Завідувачка кафедри ТВ та СА _____ Оксана ТКАЧЕНКО

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Технології вина та туристичного бізнесу</u>
Кафедра	<u>Технології вина та сенсорного аналізу</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>181 «Харчові технології»</u>
Освітня програма	<u>«Технології продуктів бродіння, напоїв та виноробства»</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Чумахан Павло Олександрович

1. Тема роботи «Розробка технології збору, очищення та використання дощової води для потреб Одеського національного технологічного університету»

Затверджена наказом ОНТУ від 9 жовтня 2023 року наказ № 584-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 07.12.2023 р.

3. Вихідні дані роботи: план будівель ОНТУ, м. Одеса.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: анотація; зміст; перелік скорочень, термінів та умовних позначень; вступ; розділ 1 «Науково-дослідна частина»; розділ 2 «Техніко-економічне обґрунтування»; розділ 3 «Технологічна частина»; розділ 4 «Охорона праці та цивільний захист робочих та службовців в надзвичайних ситуаціях»; розділ 5 «Техніко-економічні показники»; висновки та рекомендації; список літератури. Ілюстративні матеріали: презентація доповіді за темою роботи обсягом не менше 20 слайдів і роздрукованих на аркушах формату А4.

5. Перелік графічного матеріалу: аркуші формату А1 з кресленнями і схемами: генеральний план ОНТУ; векторна технологічна схема збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ; апаратурно-технологічна схема збору і очищення дощової води; ємність для накопичення дощової води; фільтр для грубого очищення дощової води; показники економічної ефективності проекту.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Анотація, зміст, вступ, Розділи 1, 3, 4, висновки, список літератури, додатки, графічна частина роботи	д.т.н., проф. Коваленко О.О.	02.10.2023	30.11.2023
Розділи 2 та 5	д.е.н., проф. Самофатова В.А.	05.11.2023	06.12.2023

7. Дата видачі завдання: 2 жовтня 2023 р.

Керівник _____ Коваленко О.О.

Завдання прийняв до виконання _____ Чумахан П.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання та оформлення титульної сторінки, вступу, змісту та розділу 1	14.10.2023	
2	Написання та оформлення розділу 2	21.10.2023	
3	Написання та оформлення розділу 3	04.11.2023	
4	Написання та оформлення розділу 4	11.11.2023	
5	Написання та оформлення розділу 5	18.11.2023	
6	Написання висновків та анотації, складання і оформлення переліку скорочень, списку літератури та додатків	22.11.2023	
7	Виконання графічної частини роботи	30.11.2023	
8	Подання роботи на перевірку керівнику і консультанту. виправлення помилок після перевірки.	30.11.2023	
9	Подання завершеної роботи на кафедру для попереднього захисту і перевірки на плагіат	07.12.2023	
10	Захист кваліфікаційної роботи	22.12.2023	

Здобувач-дипломник _____ Чумахан П.О.

Керівник роботи _____ Коваленко О.О.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Чумахан П.О.

АНОТАЦІЯ
на кваліфікаційну роботу
на тему: «Розробка технології збору, очищення та використання дощової води для потреб Одеського національного технологічного університету»

Здобувач Чумахан П.О.

Керівник проф., д.т.н., Коваленко О.О

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Технології продуктів бродіння, напоїв та виноробства»

Кафедра технології вина та сенсорного аналізу

Актуальність теми. ОНТУ в ході своєї діяльності використовує значні обсяги питної води і витрачає на це значні кошти. Більша частина води питної якості витрачається на технічні потреби. Це нераціонально в умовах зростаючого дефіциту прісних вод, погіршення їх якості і зростання ціни на питну воду. Тому актуальним є виконання наукових досліджень, що дозволять розробити і впровадити в ОНТУ систему збору, очищення і використання дощової води для технічного водопостачання.

Метою роботи є дослідження якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ та розробка технології збору і очищення дощової води задля її використання для технічних потреб навчального закладу.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження в ОНТУ системи збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів власних будівель дозволить зменшити витрати на водопостачання і водовідведення закладу, сприятиме захисту навколишнього середовища. Також реалізований проект буде виконувати соціальну і просвітницьку функцію, оскільки своїм прикладом ОНТУ демонструватиме доцільність впровадження таких систем для інших закладів освіти м. Одеси та України.

Структура роботи. Пояснювальна записка: анотація; зміст; перелік скорочень, термінів та умовних позначень; вступ; розділ 1 «Науково-дослідна частина»; розділ 2 «Техніко-економічне обґрунтування»; розділ 3 «Технологічна частина»; розділ 4 «Охорона праці та цивільний захист робочих та службовців в надзвичайних ситуаціях»; розділ 5 «Техніко-економічні показники»; висновки та рекомендації; список літератури. Графічна частина: генеральний план ОНТУ; векторна технологічна схема збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ; апаратурно-технологічна схема збору і очищення дощової води; ємність для накопичення дощової води; фільтр для грубого очищення дощової води; показники економічної ефективності проекту. Презентація доповіді.

Обсяг роботи. Тестова частина (аркуші формату А4): 108 сторінок тексту, 20 таблиць, 37 рисунків, 82 використаних джерела літератури. Інженерні креслення і схеми: 6 аркушів формату А1. Ілюстративний матеріал: 20 аркушів формату А4.

Висновок. Робота виконана на актуальну тему і спрямована на скорочення витрат на водопостачання і водовідведення в ОНТУ за рахунок використання для технічного водопостачання зібраної і очищеної дощової води з дахів власних будівель. В роботі вирішені наступні завдання: виконано огляд літературних і патентних джерел за темою дослідження; виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження в ОНТУ системи збору, очищення і використання дощової води; виконані експериментальні дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ; узагальнені експериментальні дані та сформульовані пропозиції щодо розробки системи збору, очищення та використання дощової води; розроблено технологічну схему та здійснено підбір технологічного обладнання для технологічної лінії; виконані інженерні креслення і схеми, передбачені завдання роботи; розроблено заходи з охорони праці при експлуатації системи збору і очищення дощової води; оцінено показники економічної ефективності розробленої технології.

Ключові слова: дощова вода, якість, технологія збору, очищення та використання дощової води, економічна ефективність, охорона праці та навколишнього середовища.

Abstract
of qualification work
on the topic: "Development of technology for rainwater collection, treatment and use
for the needs of the Odesa National University of Technology"

Education recipient Chumakhan P.O.

Head Prof., Doctor of Technical Sciences, O.O. Kovalenko

Educational degree: "Master"

Specialty: 181 "Food technologies"

Educational program "Technologies of fermentation products, beverages and winemaking"

Department of wine technology and sensory analysis

Actuality of theme. In the course of its activities, ONTU uses significant volumes of drinking water and spends considerable money on it. Most of the quality drinking water is spent on technical needs. This is irrational in the conditions of the growing shortage of natural waters with low mineralization, the deterioration of their quality and the increase in the price of drinking water. Therefore, it is urgent to carry out scientific research that will allow the development and implementation of a system of collection, purification and use of rainwater for technical water supply at ONTU.

The purpose of the work is to study the quality of rainwater collected from the roofs of ONTU buildings and to develop the technology of rainwater collection, water treatment and its use for the technical needs of the educational institution.

Practical significance of the obtained results. Implementation of a system of collecting rainwater from the roofs of its own buildings, water treatment and its use in ONTU will allow to reduce the costs of water supply and drainage of the institution, will contribute to the protection of the environment. Also, the implemented project will perform a social and educational function, since ONTU will demonstrate the expediency of implementing such systems for other educational institutions in Odesa and Ukraine.

Structure of work. Explanatory note: abstract; content; a list of abbreviations, terms and conventions; introduction; section 1 "Research part"; section 2 "Technical and economic justification"; section 3 "Technological part"; section 4 "Labor protection and civil protection of workers and employees in emergency situations"; section 5 "Technical and economic indicators"; conclusions and recommendations; list of references. Graphic part: general plan of ONTU; vector technological diagram of rainwater collection, collected from the roofs of ONTU buildings, water treatment and its use; hardware and technological scheme of rainwater collection and its processing; rainwater storage tank; filter for rough treatment of rainwater; indicators of economic efficiency of the project. Presentation of the report.

Scope of work. Test part (A4 format sheets): 108 pages of text, 20 tables, 37 figures, 82 used literature sources. Engineering drawings and schemes: 6 sheets of A1 format. Illustrative material: 20 sheets of A4 format.

Conclusion. The work was performed on a topical topic and aimed at reducing the costs of water supply and drainage in ONTU due to the use for technical water supply of rainwater collected from the roofs of own buildings' treated water. The following tasks were solved in the work: a review of literary and patent sources on the research topic was performed; a technical and economic justification of the feasibility of implementing a rainwater collection system, water treatment and its water use in ONTU was completed; experimental studies of organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of rainwater collected from the roofs of ONTU buildings were performed; summarized experimental data and formulated proposals for the development of a rainwater collection system, water treatment and its use, as well as the selection of technological equipment for the technological line; completed engineering drawings and schemes, provided work tasks; labor protection measures during the operation of the rainwater collection and water treatment system have been developed; indicators of the economic efficiency of the developed technology were evaluated.

Keywords: rainwater, quality, rainwater collection technology, water treatment and its use, economic efficiency, labor and environmental protection.

ЗМІСТ

		стор.
	Перелік скорочень, термінів та умовних позначень.....	8
	Вступ.....	9
1	Науково-дослідна частина.....	10
1.1	Аналітичний огляд літературних і патентних джерел.....	10
1.1.1	Водопостачання м. Одеси та актуальні проблеми, що з ним пов'язані.....	10
1.1.2	Дощова вода як альтернативне джерело водопостачання для ОНТУ	15
1.1.3	Сучасні технології збору, очищення та використання дощової води	19
1.1.4	Мета та завдання дослідження.....	25
1.2	Методологія досліджень.....	26
1.2.1	Об'єкт, предмети, програма дослідження.....	26
1.2.2	Методи дослідження якості дощової води.....	26
1.3	Результати дослідження.....	32
1.3.1	Експериментальне дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ.....	32
1.3.2	Обговорення результатів експериментального дослідження та формування рекомендацій щодо розробки технології збору, очищення та використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ.....	37
2	Техніко-економічне обґрунтування.....	44
3	Технологічна частина.....	49
3.1	Формулювання вимог до якості обробленої дощової води, призначеної для технічних потреб ОНТУ.....	49

КРМ.ТВтаСА.1.584-03.1.8					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Здобувач	Чумахан П.О.				
Н.контр.					
Керівник	Коваленко О.О.				
Зав.кафедри	Ткаченко О.Б.				
Розробка технології збору, очищення та використання дощової води для потреб ОНТУ				Стадія	Аркуш
				у	108
				ОНТУ 2023 р., Кафедра ТВтаСА група ХТМ-62	

3.2	Розрахунок показника стабільності дощової води.....	50
3.3	Розробка технологічної схеми збору, очищення та використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ.....	51
3.4	Розрахунок продуктивності системи збору і очищення дощової води.....	56
3.5	Підбір основного технологічного обладнання. Визначення продуктивності та кількості одиниць технологічного обладнання....	60
3.6	Розрахунок витрат реагентів.....	73
3.7	Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації системи очищення дощової води.....	76
4	Охорона праці та цивільний захист робочих та службовців у надзвичайних ситуаціях.....	78
4.1	Заходи з охорони праці при експлуатації системи збору і очищення дощової води	78
4.2	Цивільний захист робочих та службовців у надзвичайних ситуаціях	81
4.3	Охорона навколишнього середовища.....	83
5	Техніко-економічні показники	86
	Висновки та рекомендації.....	97
	Список літератури.....	99

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОНТУ – Одеський національний
технологічний університет

вул. - вулиця

ПВХ – полівінілхлорид

ГХН – гіпохлорит натрію

ел. – електрична енергія

ін – інноваційний бюджет

пр. – бюджет впровадження

ндр – науково-дослідна робота

зп – заплата

соц. – соціальні виплати

ам. – амортизація

накл. – накладні

заг. - загальні

С – собівартість

П – прибуток

І – інвестиції

T – кількість робочих місяців на рік

V – витрати ПДВ – податок на додану
вартість

$V_{уст}$ – вартість обладнання

T_p – транспортні витрати

Z_c – заготівельно-складські витрати

M – витрати на монтаж

H - висота

D - довжина

Ш – ширина

D - діаметр

F, S – площа

V - об'єм

m – маса

ρ - густина

t - температура

pH – водневий показник

ВСТУП

Населення світу стрімко зростає. Очікується, що до 2050 року близько 64 % населення нашої планети проживатиме у містах. Очевидно, що це призведе до збільшення потреби у воді. Адже відомо, що зростання кількості населення в 20 столітті збільшило потреби у воді в чотири рази. Крім того, зміна клімату посилює екстремальні явища по всьому світу. Це відбувається не лише в країнах, які традиційно страждають від дефіциту води. Дефіцит води зростає в регіонах, які зазвичай вважають забезпеченими водними ресурсами, але часто використовують їх неправильно та нераціонально. Згідно даних Всесвітньої метеорологічної організації, кількість посух у світі зросла на 29 % з 2000 року. А у 2022 році 2,3 мільярда людей постраждали від нестачі води. Експерти прогнозують, що посухи можуть торкнутися більше трьох чвертей населення світу до 2050 року. Водночас за останні два десятиліття було зареєстровано 163 щорічні повені. Лише у 2021 році відбулося 223 масштабних повені [20,21].

Збір дощової води і повторне її використання є давньою практикою водопостачання. Приклади використання таких систем датуються періодом неоліту. Сьогодні дощова вода використовується як основне джерело водопостачання для мільйонів людей у країнах, що розвиваються. Але й у розвинутих країнах збирання та повторне використання дощової води все більше заохочується нормативними актами та законами і розглядається як рішення для підвищення стійкості системи водопостачання [22, 23].

РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1.1 Аналітичний огляд літературних і патентних джерел

1.1.1 Водопостачання м. Одеси та актуальні проблеми, що з ним пов'язані

Вода в Одесу, Теплодар, Чорноморськ, Овідіополь, Біляївку, Південний і ще 45 населених пунктів Біляївського, Овідіопольського і Лиманського районів надходить із річки Дністер. Відомо, що Дністер протікає територією Львівської, Івано-франківської, Чернівецької, Тернопільської та Вінницької областей України, а також територією республіки Молдова [1]. Дністер і його притоки на території Одеської області є дуже забрудненими. У воді виявлено підвищений вміст завислих часток, сульфатів, хлоридів, амонію, нітритів, ХСК та БСК. Якість води змінюється впродовж року [1].

Водозабір Одеського водоканалу розташований в селі Біляївка Одеської області. Це біля 40 кілометрів від Одеси. Водозабір з Дністра здійснюють в двох місцях. Далі вода надходить на ВОС "Дністер". Одеський водоканал очищає і подає по трубопроводах діаметром 70 мм і 140 мм в водопровідну розподільчу мережу від 350 м³/добу до 450 м³/добу чистої води [1].

Система водопідготовки на ВОС «Дністер» включає чотири автономних блоки: відстійники, реагентне оброблення води, фільтрацію та знезаражування. На станції є дві старі і три нові виробничі площадки. Стара площадка починається з каналу-відстійника, в який вода подається з водозабірною ківшу з рибозахисним пристроєм. Після відстійника частково освітлена вода самопливом направляється в розподільний канал. А з нього, насосними станціями першого підйому, направляється на подальше очищення. Вона передбачає попереднє дозування коагулянтів і подальшу подачу на контактні фільтри з піщаним завантаженням. Очищена від грубодисперсних, дрібнодисперсних і колоїдних домішок вода надходить на знезараження. Знезараження здійснюють хлорвмісними реагентами. Далі вода подається в резервуари чистої води [1].

На нових промислових площадках схема оброблення води дещо інша. Вода з водозабірною ківшу направляється водовідвідним каналом до станцій першого підйому. Звідти воду подають на два окремі блоки. На першому здійснюють коагуляцію домішок води з подальшим її механічним очищенням на швидких фільтрах із піщаним завантаженням. На другому блоці здійснюють коагуляцію і відстоювання домішок води в горизонтальних відстійниках з подальшою її фільтрацією на швидких фільтрах. Після очищення вода знезаражується гіпохлоритом натрію і подається в резервуари чистої води (РЧВ). На станції розташовано шістдесят дев'ять швидких фільтрів. В якості фільтруючої зернистої засипки в них використовують кварцовий пісок [1].

З накопичувальних РЧВ вода подається магістральними трубопроводом в розподільчі мережі населених пунктів області. Водопровідна розподільча мережа м. Одеси становить 1661 км трубопроводів та включає сім основних "підкачуючих" міських насосних станцій («Головна», «Південна», «Котовського», «Західна», «Стовбова», «Шкодогорка», «Жевахова гора») і п'ятдесят чотири насосних станцій малої продуктивності, які забезпечують водою мікрорайони та квартали міста. Також у водопровідній мережі є насосні станції інших населених пунктів [1].

Згідно з даними одеського «Інфоксводоканалу» питна вода з мережі централізованого водопостачання відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Аналіз проб води за 55 показниками проводиться на станції в цілодобовому режимі. Робота водоканалу також визнана ефективною і безпечною міжнародними експертами програми ТАСІС [1, 2].

А ось за результатами незалежних досліджень води лабораторією компанії Ecosoft встановлено, що кранах одеситів в 10-30% проб підвищені кольоровість і каламутність і в 100% проб значно (в 4-20 разів) підвищено показник нітритів, які є переважно продуктами життєдіяльності азотистих бактерій. Цей факт говорить про те, що вода все ж забруднена мікроорганізмами [1].

Альтернативою водопровідній або привізній воді в Одесі є вода з бюветів. Така вода користується популярністю у містян. Сьогодні в Одесі функціонує 15

бюветних комплексів, які забезпечують жителям воду питної якості. Бювети є спорудами на базі артезіанської свердловини. Вода забирається з Верхньо-сарматського водоносного горизонту, який залягає на глибині 80 м - 140 м. Вода з бюветів має підвищений вміст солей, тому її опріснюють на установках зворотного осмосу, далі знезаражують озоном чи хлорвмісними регентами і подають в накопичувальні ємності. З них підготовлена питна вода подається споживачеві [1].

Якщо поглянути на сайт філії «Інфоксводоканалу», то можна побачити кілька десятків дат і адрес з відключеним водопостачанням (рис. 1.1) [5].

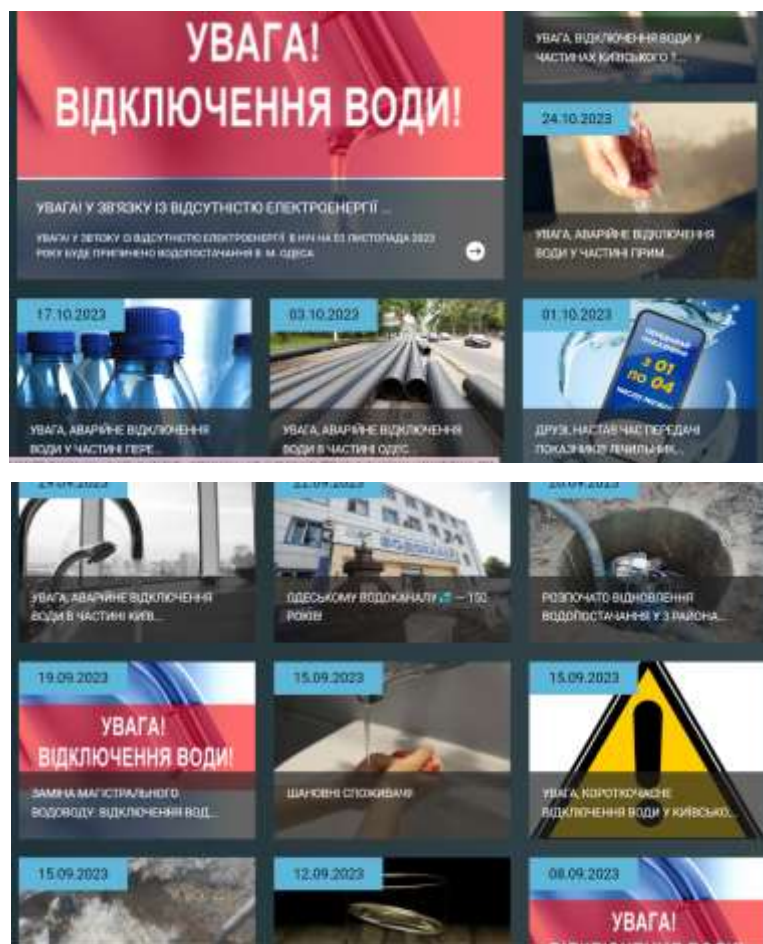


Рисунок 1.1 – Інформація про відключення води на сайті «Інфоксводоканалу» [5]

Однією з причин такої ситуації є застарілі системи водопостачання. Відомо, що в 2023 році одеському водоканалу виповнилося 150 років. За останні півтора століття одеський водогін пережив кілька масштабних реконструкцій та модернізацій. У грудні 2003 року Одеська міськрада передала цілісний майновий комплекс водоканалу в оренду на 49 років приватній структурі – ТОВ «Інфокс».

Так з'явилася філія «Інфоксводоканал». За даними компанії, за 18 років в модернізацію водоканалу інвестовано майже 1,4 млрд грн, було ліквідовано багатомільйонні борги за електроенергію та заробітну плату. Крім того, Одесу першою серед обласних центрів України було переведено на безпечну технологію знезараження питної води гіпохлоритом натрію. Також Одеса стала першим містом в Україні, стічні води якого почали очищатися за сучасною австрійською технологією. Замість зношених мереж прокладено понад 224 тисячі метрів сучасних трубопроводів [3, 4]. Але ще чимало тисяч метрів міських водопровідних мереж потребують модернізації.

Не вирішення цього питання призведе до того, що будуть наступні аварії та відключення води, які погіршуватимуть рівень життя людей, роботу бізнесу, підвищуватимуть втрати води. Ці втрати негативно відобразатимуться у ціні на воду для кінцевих водокористувачів, негативно впливають на економіку міста і регіону. Крім того, екологічно і соціально неефективним є підхід, коли питна вода, що була піднята з поверхневих водойм або підземних свердловин, пройшла складний і вартісний процес оброблення “йде в землю” разом з витраченими на неї коштами [6].



Рисунок 1.2 – Небезпеки від аварійних водопроводів» [6]

Ще руйнування труб, часті ремонти та розгерметизації можуть ставати причиною погіршення епідемічної ситуації. Відомі вітчизняні приклади, коли водопровід ставав причиною спалахів ротавірусу та гепатиту А (рис.1.2) [6].

Також небезпечним фактором у водопостачанні застарілими водогонами є багаторічні осади на внутрішніх поверхнях водопровідних труб. Вони містять в

собі колонії мікроорганізмів, які створюють густий слиз, що з кожним роком ущільнюється. Хлорвмісні реагенти, що дозують у воду для її знезараження, окиснюють їх, формуючи у воді небезпечні хлорорганічні домішки. Частки бруду, відриваючись від поверхні труб, замутиують воду та призводять до виходу з ладу побутової техніки, особливо водонагрівального обладнання [6].

З інформаційних джерел відомо, що швидкість заміни водопровідних труб в Україні невисока. Тому на заміну всіх аварійних труб знадобляться роки. До цього часу відсоток аварійних систем буде зростати, оскільки труби та обладнання встановлені пізніше, також будуть виходити з ладу. Ще більш проблемними є каналізаційні мережі [6].

Ситуація з війною в Україні суттєво загострила проблеми водопостачання і водовідведення. Адже кількість пошкоджених водоочисних станцій, насосних станцій, водопровідних і каналізаційних мереж суттєво зросла. Війна також суттєво вплинула на фінансування водної галузі. Водоканали ще і до війни були переважно збитковими, через державне регулювання тарифів, неоплачені рахунки та невдалий менеджмент. Вони виплачували заробітну плату, покривали частину рахунків та аварійні ремонти. Заміна насосного обладнання та водопровідних мереж є практично непосильною без інвестицій з боку держави. Лише доведення системи водопостачання до рівня, при якому вона буде забезпечувати воду з якістю, що відповідає державному стандарту на питну воду за підрахунками в 2019 році становила державі близько 1,5 млрд грн. Основною програмою, направленою на покращення якості води є “Питна вода України”, що діяла з 2011 по 2020 рік. Але у 2018 році державним бюджетом було профінансовано лише 200 млн грн, хоча регіональні підприємства подали проєктів на 1,3 млрд грн, у 2019 в бюджеті взагалі не були враховані витрати на цю програму, у 2020 виділили 243 млн грн. Зрозуміло, що в роки війни коштів на це в країні немає [6]. Але в післявоєнний час рух у напрямку покращення систем водопостачання має прискорюватися, бо без цього в найближчі два-три десятиліття водна галузь України може опинитися в дуже критичному становищі [6].

При аналізі стану водопостачання м. Одеси ще не варто забувати і про

кліматичний фактор. Підвищення температури в південних регіонах України найближчими десятиліттями призведе до загострення питання дефіциту прісної води.

1.1.2 Дощова вода як альтернативне джерело водопостачання для ОНТУ

У всьому світі понад 13 000 університетів здійснюють свою діяльність. Вони використовують багато природних ресурсів і, як наслідок, чинять негативний вплив на навколишнє середовище. Тому пошук альтернативних рішень, які мінімізують вплив університетів на навколишнє середовище, має бути постійним завданням для досягнення сталого розвитку [19]

Зростання щільності міського населення, новий спосіб життя, інтенсивне забруднення природних водойм призводять до постійного зростання попиту на прісну воду, скорочення наявних прісноводних ресурсів та погіршення якості води в них. Зміна клімату на планеті загострює ці проблеми. Тому дефіцит води стає реальністю для сучасного людства. Згідно даних [17], протягом одного сезону 2019 року дефіцит води торкнувся 29 % території ЄС. Зрозуміло, що сьогодні необхідним є ефективне управління водними ресурсами.

Рішення з оптимізації управління водними ресурсами поділяють на дві групи:

- скорочення споживання води (включає зміну звичок споживачів води, застосування пристроїв і обладнання з економним використанням вод тощо);

- використання води з альтернативних джерел (очищених стічних вод та їх повторне використання, збір і використання дощової води, а також конденсатів атмосферної вологи тощо). Альтернативні джерела води не зменшують попит на воду, але можуть зменшити забір природної води із традиційних поверхневих і підземних джерел [14].

Системи збору дощової води вважаються одними з найбільш перспективних альтернативних джерел води у порівнянні з іншими альтернативними джерелами через їх мінімальний вплив на навколишнє середовище та низьку потребу в

очищенні. Крім того, система збору дощової води зменшує об'єм зливової води, що стікає в дренажну систему, ризики затоплення, витрати на каналізування та очищення стічних вод, тиск на природні водні ресурси, мінімізуючи екологічний слід через питну воду [17].

Процес збору дощової води заснований на зборі, зберіганні, обробці та використанні дощової води з водонепроникної зони, як правило, з дахів. Системи збору дощової води використовуються з давніх часів, наприклад, резервуари з каменю та підземні цистерни, які збирали та зберігали дощову воду протягом короткого сезону дощів. Подібним чином римляни та греки практикували збір дощової води шляхом зберігання у величезних цистернах для подальшого використання в повсякденній діяльності [14].

Ще не так давно дощові стічні води розглядалися як непотрібний міський ресурс, якого треба було швидко позбутися за допомогою інженерних колекторних систем. Сьогодні підхід повністю змінився [13, 14, 15]. Дощова вода розглядається як цінний природний ресурс, до якого потрібно ставитися дбайливо та раціонально, використовувати як альтернативу питній і технічній воді. При очищенні дощові стічні води можна використовувати для побутових потреб: для прання, прибирання, змиву туалетів, прийняття душу, поливу декоративних та сільськогосподарських культур. У багатьох країнах дощові стічні води використовуються для охолодження повітря, що допомагає покращити мікроклімат в будівлях і позбавитися ефекту теплового острова [13,16].

Перспективними, зокрема для регіонів зі значною кількістю опадів, розглядають комбіновані із «зеленими дахами» системи збору і очищення дощової води. Такі системи розробляють для нових офісних, житлових і промислових будівель ще на етапі їх проектування.

«Зелені дахи» – це інженерні системи з рослинністю, встановленою на спорудженій конструкції, де декілька матеріалів розташовані шарами, що забезпечує хороше укорінення та розвиток рослинності та зберігає фізичну цілісність побудованої конструкції (рис. 1.3). «Зелені дахи» класифікують на: екстенсивні (глибина субстрату менше 15 см), напівекстенсивні (глибина становить

від 15 до 25 см) та інтенсивні (глибина перевищує 25 см). Екстенсивні «зелені дахи» є адекватним варіантом для будівель, де бажано мінімальне втручання на даху, оскільки ця типологія даху легша, дешевша та вимагає менше обслуговування [17, 18].



Рисунок 1.3 - Експериментальний «зелений дах», розташований в університеті Калабрії, Італія [18]

З гідрологічної точки зору «зелений дах» утримує, затримує та сприяє випаровуванню опадів, поводяться як ландшафтні губки, зменшуючи об'єм скиданої дощової води та зменшуючи пік переливів. Крім того, у порівнянні зі звичайними дахами, «зелений дах» може покращити якість зливової води, що має потенціал для непитного використання. З точки зору будівлі «зелений дах» може зменшити споживання енергії та покращити акустичні характеристики. Інші екологічні переваги «зелених дахів» - їх естетична цінність (рис. 1.4), яка сприяє покращенню здоров'я та добробуту людей і сприяє збереженню біорізноманіття. Таким чином, поєднання традиційної системи збору дощової води та «зеленого даху» може мати синергетичні переваги для навколишнього середовища, збалансовуючи співвідношення між економією води та збором дощової води. Така комбінована технологія може бути особливо важливою для промислових будівель, будівель університетів тощо, оскільки ці об'єкти мають велику поверхню даху, що максимізує екологічні переваги такої системи. Тим не менш, незважаючи на потенційні переваги описаної комбінованої системи, було проведено дуже мало досліджень для оцінки ефективності та взаємодії між традиційною системою збору дощової води та «зеленим дахом» [17].



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд будинку із комбінованою системою збору, очищення і використання дощової води [13]

Згідно досліджень авторів [19] комбіновані системи найбільш ефективні для регіонів із збалансованим розподілом опадів протягом року. За цих умов комбінована система, розроблена для подвійних цілей, потенційно може мати зелене покриття даху до 70% загальної площі водозбору. І навпаки, клімат із чітко вираженими дощовими та сухими сезонами, обмежує ефективність комбінованої системи, оскільки вона не може задовольнити потреби у воді протягом певних періодів року. Для таких випадків доцільне використання традиційних систем збору з дахів будівель, очищення і використання дощової води [14].

В Європі та взагалі в світі використанню традиційних систем збору, очищення і використання дощової води приділяють все більше уваги і більш прискіпливо такі системи досліджують. Та незважаючи на існуючі дослідження в усьому світі, більшість з них зосереджуються переважно на встановленні систем збору дощової води у житлових будівлях [14, 17]. Для будівель інших типів досліджень проведено мало.

Великі будівлі університетів, промислових підприємств, шкіл, дитячих садків, лікарень, офісів мають чіткі профілі споживання води та значні потреби у воді. У зв'язку з цим площа водозбору та розміри резервуарів повинні бути

ретельно спроектовані та розраховані відповідно до конкретних характеристик використання та розміщення кожної будівлі [14].

Характер водоспоживання університетських корпусів відрізняється від житлових чи промислових будівель. В університетських будівлях потреба у воді залежить від таких факторів, як:

- періоди використання (години роботи, робочі дні протягом тижня, вид начального процесу (аудиторні заняття, дистанційне чи змішане навчання), графік проведення лекцій та лабораторних (практичних робіт), екзаменаційних сесій)
- тип споживача (викладачі, студенти, навчально-допоміжний персонал, гості);
- наявність відділів, діяльність яких не носить навчальний характер (методичні кабінети, аудиторії для конференцій, ресторани, кафе тощо);
- календарі відпусток викладачів і канікул у студентів [14].

З цієї точки зору варіабельність моделей споживання в університетських будівлях є дуже високою, і в існуючих дослідженнях щодо систем збору, очищення і використання води використовуються середні значення. Більше того, лише кілька досліджень аналізували доцільність застосування традиційних систем збору, очищення і використання дощової води для університетських будівель. Отже, існує прогалина в знаннях щодо продуктивності і ефективності зазначених систем для університетських будівель [14].

1.1.3 Сучасні технології збору, очищення та використання дощової води

Збір, очищення і використання дощової води з дахів будівель передбачає наявність цілої системи пристроїв і обладнання, які дозволяють організувати водостік дощової води з даху, накопичення і зберігання води, очищення води та її використання. Основними компонентами такої системи є водозбірна площа, пристрої для збору і транспортування води, накопичувальні ємності, обладнання для очищення води та доведення її якості до необхідних вимог.

Якщо дах є основною площею водозбору, то кількість та якість зібраної води залежить від площі та типу матеріалу покрівлі. Умовно чиста дощова вода може

труби, через які вода з ринв стікає до землі. Як правило, водовідвідні труби примикають до покрівельних жолобів, плоских покрівель. Вони можуть розташовуватись як всередині, так і зовні будівель. Найважливішу роль відіграють також такі елементи водостічної системи, як зливи, за допомогою яких потоки води спрямовуються з горизонтальних елементів системи у вертикальні. Крім основних, існують також додаткові елементи водостічних систем, серед яких виділяють: з'єднання, роз'єднувачі труб, гаки кріплення жолобів, кронштейни, трійники, хомути, коліна, S-обводи, заглушки тощо (рис. 1.6). Окремі додаткові елементи можуть бути відсутніми. Але деякими деталями водостічної системи не можна нехтувати або економити на їх встановленні. Наприклад, наявність кронштейнів запобігає пошкодженню системи водовідведення в разі впливу снігових чи вітрових навантажень [26]. Ціна водостічних систем коливається в широких діапазонах, є високою і залежить від використаних матеріалів, кількості елементів та їх розмірів, виробника тощо [27].

Важливим при організації водостічних систем є питання їх захисту від льоду. Вирішити проблему скупчення снігу і льоду у водостоках допомагає кабельний обігрів водостічних систем. Він запобігає появі бурульок і льоду в жолобах і водостоках, захищає всю водостічну систему від пошкоджень і гарантує її тривалу експлуатацію [26].

Сьогодні виробники пропонують водостічні системи, виготовлені з різних матеріалів: оцинкованої сталі, термопластичного полівінілхлориду з додаванням термічних і ультрафіолетових стабілізаторів, із сталі з полімерним покриттям, а також водостоки з міді, алюмінію або титан-цинку. Кожен з цих матеріалів має свої переваги і недоліки. Водостоки з оцинкованої сталі схильні до корозії, мають середню опірність механічним навантаженням і мале теплове розширення. Разом з тим вони дешевші за водостоки з інших матеріали. Водостічні системи з ПВХ стійкі до ультрафіолетового випромінювання, до впливу агресивних середовищ, не схильні до корозії, володіють високою стійкістю кольору, мають тривалий термін служби, мають гладку поверхню, широкий вибір колірної гама, різноманітність допоміжних елементів, збалансоване співвідношення між якістю і ціною.

Недоліками ПВХ-водостоків є те, що вони мають: невисоку стійкість до механічних впливів, змінюють лінійні розміри при температурних перепадах. Водостоки із сталі з полімерним покриттям стійкі до механічних та атмосферних впливів, стійкі до деформацій при перепадах температур, корозійностійкі, мають тривалий термін експлуатації (до 50-ти років). До недоліків відносять підвищені вимоги до їх транспортування і монтажу. Алюмінієві водостоки, виконані із сплаву алюмінію і органічного лакофарбового шару, витримують будь-які атмосферні впливи, легкі, корозійно стійкі і довговічні, можуть мати різний колір та дозволяють виготовляти водостоки різної форми. Мідні водостічні системи мають привабливий зовнішній вигляд, тривалий термін служби. Недоліком мідних і алюмінієвих водостоків є те, що вони мають високу вартість, а також те, що установка таких водостоків вимагає значних фінансових витрат. Водостічні системи з титан-цинку мають гарний зовнішній вигляд завдяки пластичності матеріалу, корозійностійкі, надійні, довговічні, мають широку гаму кольорів і з більш низькою, ніж у водостоків з алюмінію чи міді, ціною. Недоліком водостоків з титан-цинку є те, що їх не можна розташовувати поруч з неізольованим залізом і міддю, оскільки ці метали складають гальванічні пари, що може призвести до корозії матеріалу [26].

Водозбір із дахів передбачає відведення дощової води у лотки і жолоби, подальше транспортування водостоками в збірник для осадження твердих, дрібних і легко осаджуваних забруднюючих речовин, безпосередньо перед їх зливом в ємність.

Для очищення води від листя і дрібного сміття розроблені спеціальні фільтри на водостічні труби. Конструкція фільтрів передбачає очищення води, захист ємності від переповнення і припинення подачі води в ємність в зимовий період, якщо ця ємність розміщена на поверхні землі, не ізольована належним чином (рис.1.7) [57].



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд фільтрів для очищення дощової води від грубих домішок перед наповненням ємностей, розташованих на поверхні землі [57]

Для очищення води, яка надходить у підземні ємності, передбачені спеціальні фільтри (рис.1.8) [57].



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд фільтрів для очищення дощової води від грубих домішок перед наповненням ємностей, розташованих під землею [57]

Резервуари для збору дощової води можуть бути підземні або наземні. Існують вимоги до ємностей для накопичення і зберігання зібраної з дахів дощової води. Насамперед це міцний корпус із неагресивного матеріалу, щоб мінімізувати забруднення води, а також герметична кришки. Відкриті збірники не рекомендуються для збирання дощової води, якщо вона планується для господарсько-питного використання [56].

Для збору дощової води з подальшим її використанням краще застосовувати ємності для підземної установки (рис.1.9). В таких ємностях вода зберігається з постійною температурою і без доступу ультрафіолету, що значно підвищує якість води та дозволяє використовувати її в побутових цілях [57].



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд підземних ємностей для збору дощової води [57]

Для збору дощової води для поливу городніх рослин і квітів переважно використовують ємності, встановлені на поверхні (рис.1.10). Вода для поливу буде прогріватися, що корисно для рослин. Ще такі ємності мають гарний зовнішній вигляд та добрий захист від ультрафіолету. Різноманітні кольорові рішення і форми, а також можливість висадки рослин у верхній частині ємності дозволяє чудово оформити зону відпочинку. Тобто, крім збору і зберігання води, наземні ємності виконують функцію декоративного і дизайнерського оформлення території [56].



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд наземних ємностей для збору дощової води [57]

Після резервування та зберігання протягом деякого часу вода подається на використання. Для транспортування води застосовують насоси та систему шлангів або труб. Мінімально кількість технологічних операцій включає вилучення дрібнодисперсних домішок та знезараження води. В залежності від призначення води дощову воду можуть ще очищати від токсичних домішок, покращувати її органолептичні показники, насичувати мінеральними речовинами, здійснювати нейтралізацію чи підкислення, стабілізаційне оброблення води. Вибір системи очищення води залежить від якості зібраної дощової води та вимог щодо якості підготовленої для використання води. Тому при розробці технології збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ найперше треба дослідити якість проб дощової води.

1.1.4 Мета та завдання дослідження

В Україні проектуванню та впровадженню систем збору з будівель університетів, а також промислових, офісних, і громадських будівель, очищенню та використанню дощової води уваги приділяється мало. Дещо краща ситуація з використанням систем збору дощової води для приватних домогосподарств, котеджів. Причини такої ситуації вбачаємо в наступному: це і упереджене сприйняття громадськістю використання дощової води у побуті та для інших потреб, це і відсутність знань про систему збору дощової води, про вартість її встановлення та експлуатації, про якість дощової води при її зборі і зберіганні, це і відсутність державної політики щодо впровадження систем збору дощової води. Тому вважаємо, що виконання дослідження, спрямованого на розробку і впровадження системи збору, очищення і використання дощової води з дахів будівель ОНТУ є актуальною і перспективною роботою.

Метою роботи є дослідження якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ та розробка технології збору і очищення дощової води задля її використання для технічних потреб навчального закладу.

Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

- виконати огляд літературних і патентних джерел за темою дослідження;
- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження в ОНТУ системи збору, очищення і використання дощової води;
- виконати експериментальні дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ;
- узагальнити експериментальні дані та сформулювати пропозиції щодо розробки системи збору, очищення та використання дощової води;
- розробити технологічну схему та здійснити підбір технологічного обладнання для системи збору і очищення дощової води;
- розробити заходи з охорони праці при експлуатації системи збору і очищення дощової води;
- оцінити показники економічної ефективності розробленої технології.

1.2 Методологія дослідження

1.2.1 Об'єкт, предмети і програма дослідження

Об'єктом дослідження є технологія збору і очищення дощової води, зібраної з дахів будівель Одеського національного технологічного університету.

Предмети дослідження – органолептичні та фізико-хімічні показники якості дощової води, технологічна схема та обладнання для збору і очищення води, показники економічної ефективності технології, заходи з охорони праці при експлуатації системи водопідготовки.

Програма дослідження представлена на рис. 1.11.

1.2.2 Методи дослідження якості дощової води

В пробах води визначали наступні показники якості: органолептичні (запах, забарвленість, каламутність) та фізико-хімічні (температуру, рН, вміст завислих речовин, сухий залишок, питому електропровідність води, загальну жорсткість і загальну лужність води, вміст кальцію, магнію, гідрокарбонатів, заліза загального, цинку, амонію, нітратів, нітритів і фосфатів, перманганатну окиснюваність води). Для дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощових вод використовували методи та методики, наведені в табл.1.1

Відбір і контролювання якості проб дощової води здійснювалося у відповідності до керівних нормативних документів [51-52] та національного стандарту України [29].

Під час експериментальних досліджень застосовували мірні колби різного об'єму, мірні циліндри та піпетки, лабораторні штативи. Температуру зібраної з дахів будівель ОНТУ дощової води вимірювали за допомогою термометру ТЛ – 2М. Зважування наважок для приготування робочих та титрувальних розчинів для фізико-хімічного аналізу здійснювали на лабораторних вагах 2 класу точності марки Radwag PS750/C/1. Для визначення рН води використовували прилад рН-150 МИ. Електропровідність визначали портативним кондуктометром.



Рисунок 1.11 – Програма наукового дослідження

Таблиця 1.1 – Характеристика методів, використаних в експерименті для дослідження якості дощової води

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання показника	Метод визначення показника	Суть методики визначення показника	Джерело інформації
Органолептичні показники				
1	Запах при 65 °С, бали	Органолептичним методом	Визначають якісно при відкриванні ємності з пробюю води. Якщо запах не чіткий, пробу підігрівають в накритій склом колбі до 65 °С, а потім аналізують запах.	[38]
2	Забарвленість, град	Візуальний аналіз	Профільтровані проби води порівнюють з сумішами розчинів біхромату калію та сульфату кобальта, концентрації яких відомі.	[38]
3	Каламутність, мг/дм ³	Візуальний аналіз	Визначали прозорість води за шрифтом з використанням вимірювального циліндру Снелла, а потім за таблицею переводили в значення показника каламутності води.	[38]
Фізико-хімічні показники				
4	Температура, °С	Термометричний	Вимірюється одночасно з відбором проби води ртутним термометром. Термометр занурюють у воду об'ємом не менше 1 літра і через 5 хв відраховують показання термометру.	[38, 44]
5	Водневий показник, од. рН	Потенціометричний метод	Вимірюванні електрорушійної сили електрометричної комірки, яка складається з вимірюваного розчину, скляного електрода і електрода порівняння.	[40]
6	Завислі речовини, мг/дм ³	Гравіметричний метод	Пробу води збовтують і фільтрують крізь паперовий фільтр, який попередньо висушують протягом 1 год при температурі 105 °С в сушильній шафі. Осад на фільтрі промивають. далі фільтр з осадом поміщають у попередньо зважену бюкс та висушують при 105 °С до постійної маси.	[41]
7	Сухий залишок, мг /дм ³	Гравіметричний метод	Випарювання профільтрованої води об'ємом 50 мл в фарфоровій шашці на водяній бані та досушування залишку в сушильній шафі при 105 °С до постійної маси.	[38, 43]
8	Електропровідність, мкСм/см	Кондуктометричний метод	Заснований на прямій залежності електровідності води від кількості розчинених у воді солей	[54]

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання показника	Метод визначення показника	Суть методики визначення показника	Джерело інформації
9	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	Комплексонометричний метод	Утворення комплексної сполуки трилону Б з іонами кальцію та магнію при титруванні, на що вказує зміна кольору індикатора еріхрома чорного (перехід з червоного спочатку до фіолетового, а потім і до синього)	[38]
10	Загальна лужність, ммоль/дм ³	Титриметричний метод	Показник визначають титруванням проби води розчином хлоридної кислоти до переходу забарвлення індикатора метилового помаранчевого із жовтого в золотисто-рожеве.	[38]
11	Кальцій, мг/дм ³	Титриметричний метод	У процесі титрування етилендіамінтетраоцтова кислота спочатку вступає в реакцію з незв'язаними іонами кальцію, які утворюють комплексну сполуку з індикатором. Індикатор змінює колір від червоного до яскраво-блакитного.	[46]
12	Магній, мг/дм ³	Розрахунковий метод	Визначається як різниця між загальною жорсткістю і вмістом кальцію, вираженого в ммоль/дм ³ .	[46]
13	Гідрокарбонати, мг/дм ³	Розрахунковий метод	Визначається за значенням загальної лужності шляхом перерахунку концентрацій	
14	Амоній, мг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики лежить взаємодія іону амонію з реактивом Неслера. В результаті цього утворюється йодистий меркурій-амонійний жовтого кольору. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За каліброваним графіком визначають концентрацію іонів амонію у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	[38, 39]
15	Нітрати, мг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики лежить реакція взаємодії нітратів із саліцилатами в кислому середовищі, в результаті якої утворюється забарвлена в жовтий колір сіль нітросаліцилової кислоти. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За калібрівочним графіком визначають концентрацію нітрат-іонів у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	[38, 47]
16	Нітрити, мг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики реакція взаємодії нітритів у пробі води з 4-амінобензенсульфонамідом в присутності ортофосфорної кислоти при рН=1,9 з	[38, 48]

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання показника	Метод визначення показника	Суть методики визначення показника	Джерело інформації
			утворенням забарвленої комплексної сполуки. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За калібровочним графіком визначають концентрацію нітрат-іонів у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	
17	Фосфати, мг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики лежить реакція взаємодії молібдату амонію в кислому середовищі з утворенням молібденовофосфорної кислоти, яка відновлюється оловом до блакитного кольору. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За калібровочним графіком визначають концентрацію нітрат-іонів у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	[38, 49]
18	Цинк, мкг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики лежить реакція взаємодії цинку з розчином дітізона в чотирьоххлористому вуглеці та утворення комплексної сполуки дітізона з цинком, яка має червоне забарвлення. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За калібровочним графіком визначають концентрацію нітрат-іонів у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	[50]
19	Залізо загальне, мкг/дм ³	Фотометричний метод	В основі методики лежить реакція взаємодії в сильно кислому середовищі іонів заліза (III) з іонами роданіда. На фотометрі визначають оптичну густину зразка води з реагентами. За калібровочним графіком визначають концентрацію нітрат-іонів у пробі води. Пробу води перед дослідженням фільтрують.	[45]
20	Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	Титриметричний метод	Воду відстоюють. Далі за методом Кубеля здійснюють окиснення органічних речовин розчином марганцевокислого калію в кислому середовищі при кип'ятінні. Після кип'ятіння пробу титрують розчином перманганату калію до слабо-рожевого забарвлення.	[38, 42]

Фотоелектрокалориметр марки КФК – 2 МП використовували для визначення вмісту іонів амонію, нітратів і нітритів, фосфатів, заліза загального,

цинку. Сушильну шафу використовували при визначенні сухого залишку у воді та завислих речовин у воді. Циліндр Снела використовували для визначення каламутності води. Зовнішній вигляд низки лабораторних приладів і обладнання, застосованих в експерименті, показано на рис.1.12.

При проведенні експериментальної роботи завжди мають місце похибки. Похибки поділяють на систематичні і випадкові. Причиною систематичних помилок є недосконалість методу аналізу, неточність вимірювання приладом. Способом уникнення систематичних похибок є усунення їх джерела, якщо це можливо. Або слід ці похибки враховувати при обчисленні загальної похибки експерименту. А ось бути застрахованим від випадкових помилок не можна, оскільки при кожному фізичному вимірюванні можливі неточності.



а) штатив з бюреткою для титрування проби води; б) ваги електронні марки 2 кг. RADWAG PS 750/ C/1; в) рН-метр марки рН-150 МИ; г) сушильна шафа; д) фотоелектрокалориметр марки КФК – 2 МП; ж) кондуктометр

Рисунок 1.12 - Лабораторне обладнання, використане для виконання експерименту

Оскільки похибок і помилок в експериментальній роботі не уникнути, то при узагальненні результатів дослідження використовували результати не одиничних вимірювань, а середнє значення декількох паралельних дослідів.

1.3 Результати дослідження

1.3.1 Експериментальне дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ

Методика збору зразків води для аналізу. Для експерименту використовували існуючі жолоби і водостоки будівель ОНТУ. Жолоби розміщені горизонтально вздовж дахів будівель. Водостоки (дренажі) встановлені вертикально і закріплені на фасадах будівлі університету за периметром будівель (рис.1.13). Було пораховано, що кількість дощових водостоків на навчальних корпусах ОНТУ, розташованих за адресою м. Одеса, вул. Канатна 112, становить 78 штук. Діаметр дощових водостоків становить від 150 до 200 мм. Товщина труб – від 0,35 до 0,55 мм. Вертикальні водостоки для дощової води з дахів будівель виготовлені з листової сталі, яка з обох боків вкрита шаром цинку.



Рисунок 1.13 - Дощові водостоки на будівлях навчальних корпусів ОНТУ

Збір дощової води з дахів будівель здійснювали декілька раз впродовж весни і літа 2023 року. Це відбувалося в дні, коли йшов дощ в м. Одесі. Зразки води використовували для визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості води.

В експерименті на виході води з водостоку розміщувалася накопичувальна ємність. В якості такої ємності використовували чисті 1,5-ра літрові пластикові пляшки з під питної води. Пляшки перед наповненням їх дощовою водою добре мили під проточною водопровідною водою та ополіскували дистильованою водою. При відборі проб дощової води керувалися відповідними нормативними документами [29, 51-52].

В експерименті пляшки водою наповнювали не відразу, як починався дощ, а через 10 хвилин від початку дощу. Вважали, що цього часу є достатньо для того, щоб з дахів змилася дощовою водою більша частина забруднюючих речовин, що накопичилася на них впродовж періоду, коли опадів не було. Проби відбирали з водостоків, відвід яких розміщувався над рівнем землі на висоті 1,0 - 1,5 метри, для того щоб зменшити потрапляння у проби води забруднюючих речовин із приземного шару атмосфери.

Проби води відбирали з різних водостоків, а потім їх змішували. Саме в змішаній пробі визначали показники якості. Таке рішення щодо збору зразків води для дослідження було прийнято тому, що в проектуемій системі збору і очищення дощової води передбачається збір води з різних водостоків, транспортування води в одну або декілька накопичувальних ємностей та подальше очищення суміші вод.

Хід і результати експерименту. В пробах дощової води, зібраної з дахів будівель університету, визначали органолептичні і фізико-хімічні показники. Методи та обладнання, яке було використане для виконання експерименту, наведено в п.1.2.2. Кожен показник якості в пробах дощової води визначали тричі. На основі отриманих експериментальних даних розраховували середнє значення кожного показника, довірчий інтервал його значення, похибку вимірювання. Ці дані і заносили в таблицю з результатами досліджень. В табл. 1.2 представлені результати експерименту. А в табл. 1.3 - математична обробка отриманих експериментальних даних.

Таблиця 1.2 - Результати експериментального визначення показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання показника	Значення показника в паралельних вимірюваннях дляоднієї проби води		
		у ₁	у ₂	у ₃
Органолептичні показники				
1	Запах при 65 °С, бали	5	5	5
2	Каламутність, мг/дм ³	0,82	1,04	0,98
3	Забарвленість, град.	70	70	70
Фізико-хімічні показники				
4	Температура, °С	18,2	18,3	18,3
5	Водневий показник, од. рН	5,52	5,53	5,51
6	Завислі речовини, мг/дм ³	0,160	0,164	0,162
7	Сухий залишок, мг /дм ³	190	192	191
8	Електропровідність, мкСм/см	124,9	125,1	125
9	Загальна лужність, ммоль/дм ³	1,3	1,2	1,3
10	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	0,75	0,76	0,75
11	Кальцій, мг/дм ³	3,01	3,05	3,01
12	Магній, мг/дм ³	7,3	7,27	7,3
13	Гідрокарбонати, мг/дм ³	79,33	73,24	79,33
14	Амоній, мг/дм ³	0,25	0,22	0,23
15	Нітрати, мг/дм ³	4,12	4,10	4,11
16	Нітрити, мг/дм ³	0,124	0,125	0,125
17	Фосфати, мг/дм ³	0,024	0,025	0,028
18	Цинк, мкг/дм ³	320	335	329
19	Залізо, мкг/дм ³	18	20	20
20	Перманганатна окиснюваність, мг О ₂ /дм ³	18,0	18,2	18,1

Математична обробка експериментальних даних проведена згідно відомої методики [31].

Таблиця 1.3 – Результати математичної обробки експериментальних даних

№ з/п	Показник, одиниця вимірювання	Середнє значення, у'	Стандартне відхилення, S _{уi}	Довірчий інтервал, у	Відносна похибка, δ _{уi} , %
1	Запах при 65 °С, бали	5,00	0	-	0
2	Каламутність, в мг/дм ³	0,95	0,114	0,129	13,6
3	Забарвленість, град.	70,00	0	-	0

№ з/п	Показник, одиниця вимірювання	Середнє значення, y'	Стандартне відхилення, S_{y_i}	Довірчий інтервал, y	Відносна похибка, $\delta_{y_i}, \%$
4	Температура, °С	18,3	0,01	0,01	0,1
5	Водневий показник, од. рН	5,52	0,010	0,011	0,2
6	Завислі речовини, мг/дм ³	0,16	0,002	0,002	1,4
7	Сухий залишок, мг /дм ³	191,00	1,000	1,132	0,6
8	Електропровідність, мкСм/см	125,00	0,100	0,113	0,1
9	Загальна лужність, ммоль/дм ³	1,27	0,058	0,065	5,2
10	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	0,75	0,006	0,007	0,9
11	Кальцій, мг/дм ³	3,02	0,023	0,026	0,9
12	Магній, мг/дм ³	7,29	0,017	0,020	0,3
13	Гідрокарбонати, мг/дм ³	77,30	3,516	3,979	5,1
14	Амоній, мг/дм ³	0,23	0,015	0,017	7,4
15	Нітрати, мг/дм ³	4,11	0,010	0,011	0,3
16	Нітроти, мг/дм ³	0,12	0,001	0,001	0,5
17	Фосфати, мг/дм ³	0,03	0,002	0,002	9,2
18	Цинк, мкг/дм ³	328,00	7,550	8,543	2,6
19	Залізо, мкг/дм ³	19,33	1,155	1,307	6,8
20	Перманганатна окиснюваність, мг О ₂ /дм ³	18,10	0,100	0,113	0,2

Порівняння відносної похибки визначених параметрів якості дощової води із нормативними значення похибок для відповідних показників якості за документами [32, 53] показали, що точність виконаних експериментальних досліджень є задовільною і дозволяє зробити висновок, що отримані експериментальні дані є адекватними.

На рис. 1.14 показано порівняння зовнішнього вигляду змішаної проби дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ з пробою водопровідної води з централізованої мережі водопостачання м. Одеси. Візуально можна побачити, що проба води має злегка коричнювато-жовтувате забарвлення і відрізняється від прозорої водопровідної води. При відборі проби дощової води вона пінилася (біла піна), на поверхні води плавали дрібні частки забруднюючих воду домішок.



Рисунок 1.14 – Зовнішній вигляд проб дощової і водопровідної води



Рисунок 1.15 – Висушений осад відфільтрованої дощової води

Оскільки протягом одного дня не виходило виконати всі заплановані дослідження якості води, то пробу води на ніч залишали в холодильнику. Протягом ночі при низькій температурі на дні пляшки з водою формувався осад із дрібнодисперсних забруднюючих речовин. За консистенцією і забарвленістю осад був сірим і липким. Він не змивався збовтуванням, а лише видалявся механічним чищенням за допомогою щітки. Зчищений осад мав вигляд плівки. А висушений осад мав вигляд темного землянистого порошку. На рис. 1.15 показано висушений в сушильній шафі разом з фільтрувальним папером осад після фільтрування проби дощової води крізь нього. І забарвленість води, і кількість осаду, що утворюється при її фільтруванні свідчать про забрудненість дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ навіть після попереднього змиву поверхонь.

В науково-дослідній роботі завданнями роботи не передбачалося визначення мікробіологічних показників якості дощової води, оскільки лабораторна база кафедри не дозволяє такі дослідження виконати. Разом з тим мікробіологія води має важливе значення для розробки технології покращення її якості. Тому був виконаний огляд літератури стосовно цього питання. В результаті аналітичного огляду джерел інформації встановлено, що у переважній більшості зразків дощової води, зібраної з дахів різних будівель для мікробіологічного аналізу, були присутні бактерії роду *Escherichia coli* та ентерококки. Коцентрація *Escherichia*

coli коливалася в межах від 1 до 3500 КУО/100 мл води, а концентрація ентерококів у такій воді коливалася в межах від 1 до 4100 КУО/100 мл. Зазначені бактерії є індикаторами фекального забруднення води. Вони завжди є у фекаліях людей і тварин в значних кількостях. В дощову воду такі бактерії потрапляють від дрібних тварин, гризунів, комах, птахів, що переміщуються дахом, сідають на нього. Також бактерії можуть потрапляти на дах з пилом і краплями вологи, що переносяться вітром [30, 55].

Також у дощовій воді, зібраній з дахів будівель, були виявлені мікроорганізми наступних родів: *Salmonella* spp., *Giardia lamblia*, *Streptococcus*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas syringae* та інші. Загальна кількість колиформ було виявлено в (84,4 – 95,8) % зразків дощової води. *Streptococcus*, *C. perfringens*, *P. syringae* були виявлені в низьких концентраціях у зразках зібраної дощової води [17].

1.3.2 Обговорення результатів експериментального дослідження та формування рекомендацій щодо розробки технології збору, очищення та використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ

Дощова вода, зібрана з дахів будівель ОНТУ є забрудненою твердими дрібними частками піску, глини, окислів металів, домішками нафтопродуктів та мастильних матеріалів, важкими металами, мікроорганізмами, містить сполуки, здатні викликати корозію металевих та бетонних конструкцій. Серед причин забруднення дощової води можна назвати: пил, що потрапив на дах з поверхні землі, асфальтових чи інших покриттів; викиди в атмосферу промислових підприємств; газові викиди міського, залізничного та морського транспорту; газові викиди опалювальних і промислових котелень; випари станцій очищення стічних вод; матеріал даху, з яким контактує вода; нахил і площа поверхні даху; фекальні відкладення від дрібних тварин, а також гризунів, птахів і комах, накопичені на дахах тощо. Зрозуміло, що дощова вода, зібрана не з дахів чи поверхні землі, а безпосередньо з атмосфери, буде значно чистішою.

Якщо характеризувати дощову воду, зібрану з дахів будівель ОНТУ, за класифікаційними ознаками природних вод, то її якість можна описати наступним чином. Дощова вода є малокаламутною, бо її каламутність не перевищує 50 мг/дм³. За ступенем мінералізації вона є прісною та з низьким вмістом розчинних солей (сухий залишок менше 1000 мг/дм³). За величиною рН дощова вода є слабкислою (її рН знаходиться в межах від 4 до 6 од рН). За показником загальної жорсткості дощова вода є дуже м'якою (її загальна жорсткість менше 1,5 ммоль /дм³). За забарвленістю – середньої забарвленості (в межах від 35 до 120 град). За ступенем бактеріального забруднення – значно забрудненою.

Позитивним є те, що дощова вода, організовано зібрана з дахів будівель чистіша за зливовий стік, що формується під час дощів і танення снігів та стікає в міську каналізацію, змиваючи числений бруд із транспортних і пішохідних доріг, промислових та житлових площадок. Так, вміст завислих речовин в поверхневому зливовому стоці може сягати (4 – 5) кг/м³, вміст нафтопродуктів - 40 г/м³, ХПК – до 1500 г О₂/м³, БСК_{повне} – до 300 г О₂/дм³. Очищення води такого ступеню забруднення вимагатиме значно складнішої технології оброблення, а собівартість очищеної води буде значно вищою [37]. В той же час дощова вода, зібрана з дахів будівель, є більш забрудненою, ніж дощова вода, зібрана безпосередньо з атмосфери (без контакту з поверхнею даху чи поверхнею землі).

Слабокислотні властивості дощової води можуть бути обумовлені доброю розчинністю в ній вуглекислого газу (СО₂) та вихлопних газів транспорту і газових викидів опалювальних і промислових котелень (NO_x, SO₂). При розчиненні у воді вони утворюють кислоти, внаслідок чого знижується рН води і посилюються її кислотні властивості. підтвердженням цього є достатньо високий показник вмісту гідрокарбонатів у пробах дощової води.

Крім зазначених вище газів у воді добре розчиняється кисень. Розчинений у воді кисень, разом з утвореною в ній карбонатною і сульфатною кислотою, можуть надавати дощовій воді корозійних властивостей. Тому доцільно оцінити показники стабільності і агресивності води, і в разі потреби включити в технологію очищення зібраної з дахів будівель ОНТУ дощової води процес її стабілізаційного

оброблення. При цьому слід врахувати, що якщо мікробіологічно забруднена вода тривалий час зберігатиметься в накопичувальні ємності перед використанням, то вміст розчиненого кисню в ній може зменшитися. Це пов'язано з тим, що мікроорганізми будуть використовувати розчинений у воді кисень для своєї життєдіяльності. Крім того, розчинений у воді кисень може бути каталізатором протікання у воді ще інших хімічних та біохімічних процесів.

У дощовій воді виявлені сполуки азоту: іони амонію NH_4^+ , нітрати NO_3^- , нітрити NO_2^- . Причому вміст іонів амонію є суттєвим. Відомо, що ці домішки води є продуктами розкладання складних органічних речовин рослинного і тваринного походження. Оскільки вода дощова є мікробіологічно забруднена, то присутність сполук азоту у воді є закономірною.

У зразках зібраної дощової води виявлені фосфати. Ці домішки можуть з'явитися у воді внаслідок потрапляння в неї і розчинення в ній дрібнодисперсних часток мінерального і органічного походження. Концентрація фосфатів у дощовій воді незначна, але не варто забувати що фосфор є біогенним елементом і його наявність у воді може стати причиною погіршення мікробіологічних показників води.

Показник перманганатної окиснюваності води має високе значення і це свідчить про вміст у воді в значній кількості легко окиснюваних органічних і неорганічних речовин. Джерелом органічних речовин у дощовій воді є пил ґрунту (ґрунтовий гумус), а також продукти життєдіяльності і розкладання рослинних і тваринних організмів.

Слід зазначити, що вміст сполук азоту і фосфору (важливих біогенних елементів), органічних речовин (джерело харчування) є доброю передумовою для подальшого розвитку мікроорганізмів у зібраній дощовій воді. Саме тому дощову воду, зібрану з дахів будівель ОНТУ, обов'язково слід знезаражувати перед використанням.

Встановлено присутність у дощовій воді з дахів ОНТУ таких важких металів, як цинку і заліза в невеликих концентраціях. Це можна пояснити вимиванням у воду важких металів внаслідок корозійних процесів на металевих поверхнях дахів

та водостоків, розкладанням фарби під впливом сонячного світла. Також важкі метали можуть адсорбуватися пилом і переноситися з ним з промислових площадок та транспортних магістралей.

Забарвленість дощової води може бути обумовлена гумусовими речовинами з ґрунтового пилу. Також коричнево-жовтуватого забарвлення воді можуть надавати сполуки заліза. Як вже було зазначено вище, такі речовини у воді присутні в незначних концентраціях, тому ймовірніше забарвленість води обумовлена саме гумусовими речовинами.

Каламутність дощовій воді можуть надавати як нерозчинні у воді мінеральні частки (глини, піску, окислів металів), так і частки біоплівки (колонії мікроорганізмів). В стані спокою нерозчинні частки осідають під дією сил гравітації та формують осад. Наявність у воді вказаних домішок впливає і на значення показнику концентрації завислих речовин у воді.

Липкість осаду може бути обумовлена біоплівкою на внутрішніх поверхнях водостоків. Але судячи із забарвлення і вигляду відфільтрованого та висушеного осаду, можна припустити, що липкість ще обумовлюють мастильні матеріали. Вони є продуктами переробки нафти і мазуту, знаходять застосування у виробництві лакофарбових матеріалів. А будівлі ОНТУ вкриті пофарбованим профнастилом. Крім того мастильні матеріали є основою моторних олій, що використовують на тепловозах і дизель-поїздах [36]. А ОНТУ знаходиться недалеко від залізничних колій і залізничного депо. Тому перенесення залишків мастильних матеріалів із пилом чи водяними краплями на дахи будівель, а потім змив такого бруду дощовою водою може бути причиною утворення липкого темного осаду після фільтрування води. На користь цього свідчить і той факт, що при наповненні пляшок дощовою водою із водостоків вода дуже пінилася. Піна була білою, зникла через деякий час. Відомо, що причиною утворення подібних пін на поверхні води, що перемішується і аерується, можуть бути органічні речовини, зокрема нафтопродукти і жири. Важливо відмітити, що утворені емульсії і піни (вода + моторна олива) є корозійно активними, оскільки містять

сірковмісні речовини, зокрема сульфати таких металів, як кальцію, магнію, цинку та інших [36].

В табл. 1.4 наведено вимоги до якості питної і технічної води різного призначення. Також в таблицю внесено експериментальні дані з дослідження якості дощової води, зібраної з будівель ОНТУ. Це зроблено для того, щоб порівняти якість зразку води з вимогами до води для різного водокористування.

Порівнюючи якість дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ з вимогами до води різного призначення, можна відмітити наступне. Якість зібраної дощової води можна вважати задовільною щодо її фізико-хімічних показників. За переважаною більшістю показників вода відповідає якості води з природної водойми господарсько-питного використання. Тобто, після очищення вона може використовуватися як для технічних, так і навіть питних потреб.

Таблиця 1.4 - Порівняння якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ з вимогами до якості питної та технічної води різного призначення

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання	Дощова вода (експеримент)	Норматив		
			вода питна водопровідна [33]	вода для зрошення зелених насаджень [34]	Вода з природного водного об'єкту в пункті забору води для господарсько-побутового використання [35]
1	Запах при 65°C, бали	5,00	≤ 2,0	-	Відсутність не характерних воді запахів
2	Каламутність, мг/дм ³	0,95	< 0,58	-	На поверхні води не повинні плавати плівки, плями мінеральних олій та скупчення інших часток
3	Забарвленість, град.	70,00	≤ 20,0	-	Не повинна спостерігатися в стовбці води висотою 20 см
4	Водневий показник, од. рН	5,52	6,5 – 8,5	7,0 - 8,0	6,5 – 8,5
5	Завислі речовини, мг/дм ³	0,16	відсутні	-	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більше ніж на 0,25 мг/дм ³
6	Сухий залишок, мг/дм ³	191,00	≤ 1000	≤ 500	≤ 1000
7	Електропровідність, мкСм/см	125,00	не нормується	-	-
8	Загальна лужність, ммоль/дм ³	1,27	≤ 6,5*	-	-

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання	Дощова вода (експеримент)	Норматив		
			вода питна водопровідна [33]	вода для зрошення зелених насаджень [34]	Вода з природного водного об'єкту в пункті забору води для господарсько-побутового використання [35]
9	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	0,75	≤ 7,0	-	-
10	Кальцій, мг/дм ³	3,02	≤ 130*	-	-
11	Магній, мг/дм ³	7,29	≤ 80*	-	-
12	Гідрокарбонати, мг/дм ³	77,30		-	-
13	Амоній, мг/дм ³	0,23		-	2,0
14	Нітрати, мг/дм ³ (за NO ₃ ⁻)	4,11	≤ 50,0	-	45
15	Нітрити (за NO ₂ ⁻), мг/дм ³	0,12	≤ 0,5	-	3,3
16	Фосфати, мг/дм ³ (за PO ₄ ³⁻)	0,03	≤ 3,5	-	3,5
17	Цинк, мкг/дм ³	328,00	< 1,0 (в мг/дм ³)	-	1,0 (в мг/дм ³)
18	Залізо, мкг/дм ³	19,33	≤ 0,2 (в мг/дм ³)	≤ 2,0 (в мг/дм ³)	0,3 (в мг/дм ³)
19	Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	18,10	≤ 5,0	-	-

Для того, щоб вода стала придатною для технічного водопостачання, слід кондиціювати її якість за такими показниками, як забарвленість, каламутність, рН, вміст органічних домішок. Для того, щоб дощову воду перетворити в питну, її додатково треба наситити мінеральними речовинами, покращити смак і запах. Щоб використовувати воду для поливу зелених насаджень, треба нейтралізувати кислотність води. Дощова вода з дахів будівель є слабо кислою, а тому є ризик порушення біохімічних і біологічних процесів в ґрунтах і рослинах. Для поливу кращою є вода з нейтральним рН. Щоб довести показники якості води до вимог для певного водокористування, воду слід очищати за технологіями різної складності. А ось що треба в технологіях очищення води для всіх випадків водокористування, так це її знезараження. Адже якість дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ, за мікробіологічними показниками є низькою. Таку воду без знезараження не можна використовувати для технічних потреб навчального закладу, зокрема для прання одягу та побутових речей, прибирання приміщень (кабінетів, аудиторій

навчальних, лабораторій, коридорів, житлових приміщень, пунктів харчування тощо), санітарного оброблення санвузлів, зливу води в унітазах. Зрозуміло, що таку воду не можна пити без очищення, в тому числі без знезараження чи використовувати для прийняття душу.

В даному проекті заздалегідь передбачалося, що зібрану з дахів будівель ОНТУ дощову воду буде зібрано, очищено і використано для технічного водопостачання навчальних корпусів і гуртожитків навчального закладу. Тому, з врахуванням виконаних експериментальних і аналітичних досліджень визначено, що основними завданнями оброблення дощової води будуть наступні: очищення води від твердих дрібних часток, освітлення і знебарвлення води, видання із води домішок нафтопродуктів і мастил, знезараження води, а також можливе стабілізаційне оброблення води.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Централізоване водопостачання і водовідведення є вартісною послугою. Так, для ОНТУ, як суб'єкту господарювання, сумарне водопостачання і водовідведення обходиться в 11,87 грн/м³ без ПДВ та 14,244 грн/м³ з ПДВ (згідно даних табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Тарифи на централізоване водопостачання і централізоване водовідведення від ТОВ «ІНФОКС» (філія «Інфоксводоканал») [7]

№ з/п	Тариф	Призначення
1	6,48 грн/м ³ без ПДВ (7,776 грн/ м ³ з ПДВ)	централізоване водопостачання для суб'єктів господарювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення
2	5,39 грн/м ³ без ПДВ (6,468 грн/м ³ з ПДВ)	централізоване водовідведення для суб'єктів господарювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення
3	14,93 грн/м ³ без ПДВ (17,916 грн/м ³ з ПДВ)	централізоване водопостачання для інших споживачів (у тому числі юридичним особам і населенню, яке проживає у приватному секторі та у багатоквартирних будинках)
4	14,37 грн/м ³ без ПДВ (17,244 грн/м ³ з ПДВ)	централізоване водовідведення для інших споживачів (у тому числі юридичним особам і населенню, яке проживає у приватному секторі та у багатоквартирних будинках)

В табл. 2.2 наведено аналіз структури тарифів на централізоване водопостачання і водовідведення за відкритими даними, наведеними на сайті ТОВ «ІНФОКС» (філія «Інфоксводоканал») [8]

Таблиця 2.2 – Структура тарифів на централізоване водопостачання і водовідведення (станом на 22.12.2021) [8]

№ з/п	Найменування показників	Централізоване водопостачання, грн/м ³	Централізоване водовідведення, грн/м ³
1	Прямі матеріальні витрати, в т.ч.:	4,2811	4,6188
	- електроенергія	4,0215	3,1376
	- реагенти	0,2596	1,4811
2	Прямі витрати на оплату праці	1,2517	1,5268
3	Інші витрати	1,8270	1,6483
4	Загальні виробничі витрати	4,8093	5,6177
	<i>Виробнича собівартість</i>	12,1692	13,4116
5	Адміністративні витрати	0,2549	0,2787
6	Витрати на збут	0,1224	0,0914
7	Фінансові витрати	0,0177	0,0124
	<i>Повна собівартість</i>	12,5641	13,7942
	<i>Сума компенсації</i>	0,1473	0,0005

На основі даних табл. 2.2 розраховано частку витрат на підготовку води

питної по відношенню до її загальної собівартості. З розрахунків видно, що матеріальні витрати, зокрема на електроенергію та реагенти становлять 34,1 % собівартості питної води з мережі централізованого водопостачання м. Одеси. Більше 65 % в собівартості питної води складають інші витрати, серед яких найбільшою є частка загальних виробничих потреб. До них відносяться податки, амортизаційні витрати, додаткові витрати на оплату праці, страхування та інше.



Рис. 2.1 – Частки складових в повній собівартості централізованого водопостачання м. Одеси (станом на 2021 р).

Якщо розглянути структуру прямих матеріальних витрат на централізоване водопостачання (рис.2.2, табл.2.2), то видно що 94 % становлять витрати на електроенергію, і лише 6 % - витрати на реагенти

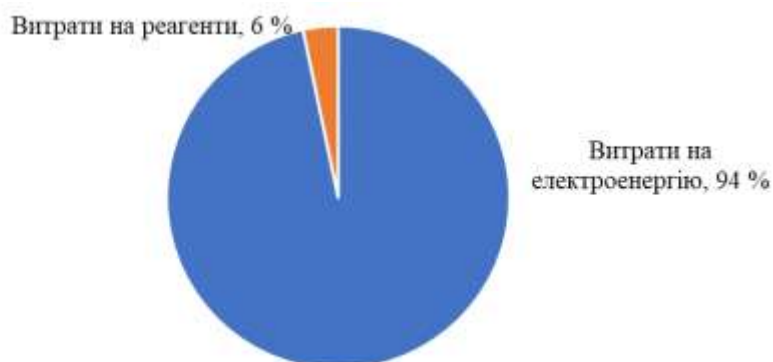


Рис. 2.2 – Складові матеріальних витрат на централізоване водопостачання м. Одеси

Проведений аналіз витрат на централізоване водопостачання м. Одеси показує, що в структурі матеріальних витрат значну частку становлять енерговитрати на забір, перекачування та транспортування води на значні відстані

як від ВОС «Дністер», так і в межах населеного пункту. А з загальної собівартості води переважають витрати, які не є безпосередніми виробничими витратами, хоча зрозуміло, що вони є необхідними.

Також проведено аналіз витрат на централізоване водовідведення в м. Одеса (рис.2.3).



Рис. 2.3 – Частки складових в повній собівартості централізованого водовідведення м. Одеси (станом на 2021 р.)

З рис. 2.3 видно, що при водовідведенні зростають загальні виробничі витрати, а інші витрати змінюються не суттєво. Серед складових матеріальних витрат при централізованому водовідведенні зростає частка витрат на реагенти, а частка витрат на електроенергію зменшується (рис.2.4). Це закономірно, оскільки стічні води значно брудніші за природні з поверхневого джерела. Крім того, зменшення витрат на електроенергію пов'язане із більш коротким шляхом транспортування і перекачування стічних вод до станцій їх очищення.

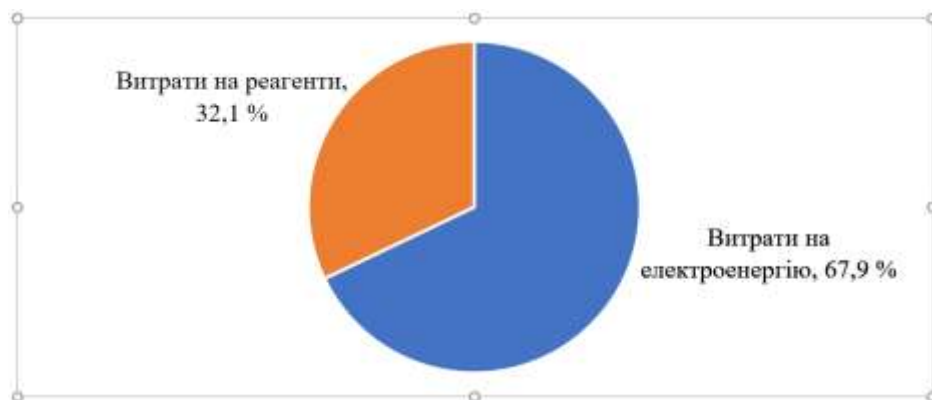


Рис. 2.4 – Складові матеріальних витрат на централізоване водовідведення м. Одеси

Аналіз зміни тарифів на централізоване водопостачання і водовідведення в м. Одесі в період з 2016 по 2021 р показав їх зростання в більш ніж в 2 рази як для

суб'єктів господарювання, так і для інших водокористувачів (рис. 2.5 – 2.6) [9]. Серед причин такої ситуації експерти називають: зношеність технологічного обладнання, водопровідних і каналізаційних мереж, збільшення витрат на їх ремонт та заміну; збільшення витрат на реагенти і матеріали із-за погіршення якості води в поверхневих водоймах внаслідок потрапляння в них неочищених чи недостатньо очищених стічних вод та різних забруднюючих речовин (зокрема і бойових речовин, що акумулюються в природних об'єктах під час воєнних дій на території України); більш інтенсивного цвітіння природних поверхневих водойм внаслідок кліматичних змін, зокрема підвищення температури навколишнього середовища; вичерпання і забруднення підземних вод; зростання в регіоні дефіциту прісної води тощо. Фахівці водної галузі нашого регіону вирішують чимало проблем для того, аби централізоване водопостачання і водовідведення в м. Одесі було якісним. Але не все від них залежить. Тому скоріш за все тарифи на воду в м. Одесі і надалі зростатимуть.

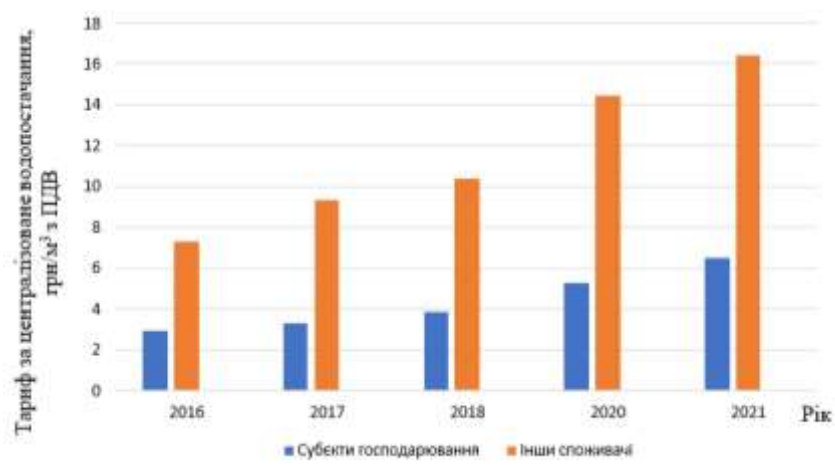


Рис. 2.5 - Зміна тарифів на централізоване водопостачання в м. Одесі впродовж 2016 – 2021 рр.

Враховуючи ситуацію що склалася і можливі подальші сценарії її розвитку, можна зробити наступні висновки:

1. Забезпеченню населення м. Одеси якісною питною водою, забезпеченню стабільної роботи систем централізованого водопостачання та водовідведення приділяється значна увага. Разом з тим є чимало чинників, які перешкоджають досягненню максимального ефекту в роботі таких систем, призводять до незапланованих ремонтів (п.1.1), впливають на підвищення тарифів на воду

(табл.2.2).

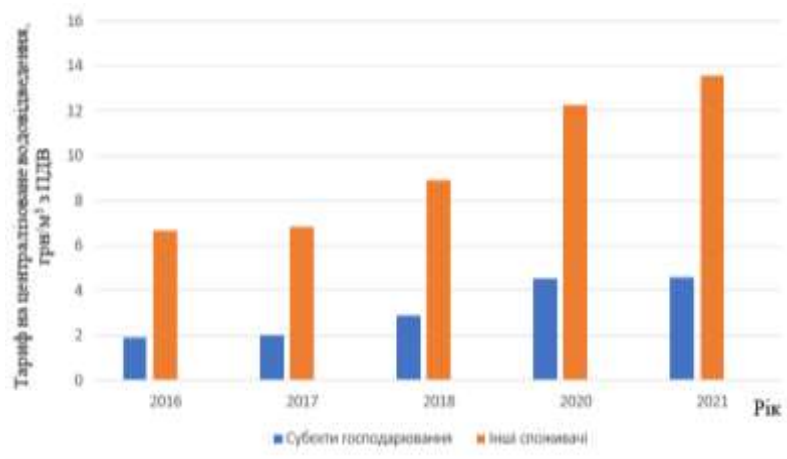


Рис. 2.6 - Зміна тарифів на централізоване водовідведення в м. Одесі впродовж 2016 – 2021 рр.

2. В такій ситуації, що складається, актуальним є перегляд традиційних підходів до використання води із мережі питного водопостачання. В світі поширюється така практика: питна вода - для приготування їжі, пиття, прийняття душу чи ванни, виробництва продукції харчування та ліків, а вода технічної якості – для прання, миття підлог, змиву в туалетах, поливу зелених насаджень, миття машин, технологічних процесів підприємств, для яких не потрібна вода питної якості тощо.

Джерелами технічної води можуть бути поверхневі і підземні джерела, технологія оброблення яких не передбачає доведення їх якості до стану питної води. В якості технічної води можуть бути використані очищені стічні води, зібрані і очищені конденсати атмосферної вологи. Серед перспективних джерел альтернативного водопостачання розглядають дощові води, зібрані з дахів будинків [10 - 16].

Будівлі ОНТУ займають значні площі території, тому їх дахи можуть сприяти задоволенню попиту на технічне водопостачання в першу чергу самого навчального закладу. Впровадження систем збору і використання дощової води з дахів ОНТУ для часткового задоволення власних потреб у воді матиме не тільки економічне значення, а і екологічно-соціальне. Адже використання води із альтернативного джерела сприятиме мінімізації навантаження на природні ресурси.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Формулювання вимог до якості обробленої дощової води, призначеної для технічних потреб ОНТУ

Як було зазначено вище (розділ 1) дощова вода, зібрана з дахів будівель ОНТУ є мало каламутною, середньої забарвленості, прісною, м'якою, слабо кислою, з високим вмістом домішок органічного походження, зокрема мікроорганізмів. Ця вода є значно гіршою за якістю, ніж питна вода. Її можна довести до кондицій питної води, якщо покращити органолептичні показники, вилучити органічні і колоїдні домішки, знезаразити воду, нормалізувати її мінеральний склад, вилучити токсичні для людини речовини. Простішою буде технологія, якщо вода буде технічного призначення. Адже для підготовленої води для технічного водопостачання не так важливий збалансований мінеральний склад чи органолептичні показники води. В першу чергу технічна вода не повинна містити механічних домішок, які можуть осідати і формувати осади на поверхнях трубопроводів, санітарно-технічних пристроїв, пральних машин, тим самим погіршуючи їх роботу. Не менш важлива безпечність води за мікробіологічними показниками. Адже передбачається, що підготовленою дощовою водою будуть мити підлоги, вікна, витирати робочі поверхні, а також застосовували для зливу в унітазах, миття рук, прання в пральних машинах гуртожитків. Тобто, контакту людини з підготовленою водою не уникнути, а значить не повинно бути ризиків для потрапляння хвороботворних мікроорганізмів в організм людини.

Важливим технологічним параметром якості води є її стабільність. Якщо вода стабільна, то вона не чинить негативний вплив на матеріали, з якими контактує, не розчиняє карбонат кальцію, наявний в твердих контактуючих з водою поверхнях, і не виділяє його у вигляді осаду. Стабільна вода не викликає корозію металевих поверхонь.

3.2 Розрахунок показника стабільності дощової води

Визначити показник стабільності води можна експериментальними і розрахунковими методами. В роботі було використано розрахунковий метод. Розраховували індекс Ланжельє (I). За значення індексу Ланжельє воду вважають: стабільною, якщо $I = 0$; вода схильна до утворення осаду карбонату кальцію, якщо $I > 0$; вода є агресивною щодо металу та бетону, якщо $I < 0$. У випадках, коли вода не є стабільною, застосовують її стабілізаційне оброблення [31].

Індекс Ланжельє розраховували за рівнянням:

$$I = \text{pH}_0 - \text{pH}_s, \quad (3.1)$$

де I – індекс Ланжельє;

pH_0 , pH_s – рН вихідної води та рН води після її насичення карбонатом кальцію, од. рН.

Показник pH_s визначали за рівнянням:

$$\text{pH}_s = f_1(t_b) - f_2(C(\text{Ca}^{2+})) - f_3(L_3) + f_4(P), \quad (3.2)$$

$f_1(t_b)$, $f_2(C(\text{Ca}^{2+}))$, $f_3(L_3)$, $f_4(P)$ – функції, залежні від величин: температури води (в °C); вмісту кальцію (в мг/дм³); загальної лужності (ммоль/дм³); загального солевмісту (в мг/дм³). Визначають ці величини за допомогою номограми [31].

На основі власних експериментальних даних (табл. 1.3) було розраховано індекс Ланжельє для дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ. Розрахунок виконали для умов: температура вихідної води - 18,3 °C, вміст кальцію – 3,02 мг/дм³, лужність загальна – 1,27 ммоль/дм³; загальний солевміст – 191 мг/дм³.

Результати розрахунку:

$$\text{pH}_s = 2,14 - 0,5 - 1,1 + 8,768 = 9,31,$$

$$I = 5,52 - 9,31 = -3,79.$$

Розраховане значення індексу Ланжельє від’ємне, а значить дощова вода є агресивною. Вода містить агресивну вільну карбонатну кислоту, яка може викликати процеси корозії сталевих і чавунних труб, корозію бетону і цементу, деструкцію карбонатних захисних плівок. Тому зібрану з дахів будівель ОНТУ дощову перед її використанням для технічних потреб (прибирання, змив в туалетах,

прання в пральних машинах) треба обов'язково піддавати стабілізаційному обробленню. Для цього треба додавати у воду підлугуючі реагенти, застосовувати фільтри з мармуровою крихтою чи магномасою, здійснювати аерування води.

3.3 Розробка технології збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ

З врахуванням якості зібраної з дахів будівель ОНТУ дощової води та з врахуванням вимог до якості технічної води запропоновано технологічну схему збору, очищення та використання дощової води. На рис. 3.1 представлено векторну технологічну схему такої технології.

Атмосферні опади, що потрапляють на дахи будівель ОНТУ, організовано відводять з них за допомогою вже встановлених жолобів, лотків і водостічних труб. Протягом перших 10 хвилин після початку дощу необхідно забезпечити змив дощовою водою забруднень з поверхні дахів, що накопичилися там за період, коли дощів не було. Для цього треба на місці збору дощової води із водостоків перед їх потраплянням в накопичувальний резервуар встановити пристрій для відводу першого змиву в міську каналізаційну мережу.

Далі, дощова вода вже кращої якості подається в накопичувальний резервуар. Якщо дозволяють умови і фінансові можливості, краще встановити підземні резервуари. В цьому випадку дощова вода, забруднена органічними домішками і мікроорганізмами, довше зберігатиме свою якість і швидше відбуватиметься розділення водного розчину та осадження дисперсних та колоїдних домішок. В разі відсутності таких можливостей, ємності можна розмістити у вільних і з достатньою площею будівлях ОНТУ. Температура навколишнього середовища там є нижчою, ніж в навколишньому середовищі і це позитивно відобразиться на якості дощової води під час її зберігання. Крім того, не треба витрачати кошти на риття котлованів, укріплення підземних резервуарів, спеціальне їх облаштування та експлуатацію.

Перед постачанням води в накопичувальні резервуари необхідно здійснити грубу механічну фільтрацію дощової води. Для цього треба встановити фільтр спеціальної конструкції, які міститимуть сітку для затримання листя, дрібних гілочок, камінців тощо) та пристрій для відведення надлишку води. Грубу механічну фільтрацію доцільно застосовувати, щоб уникнути заїлювання води в ємностях, зменшення кількості осаду на дні накопичувальних ємностей.

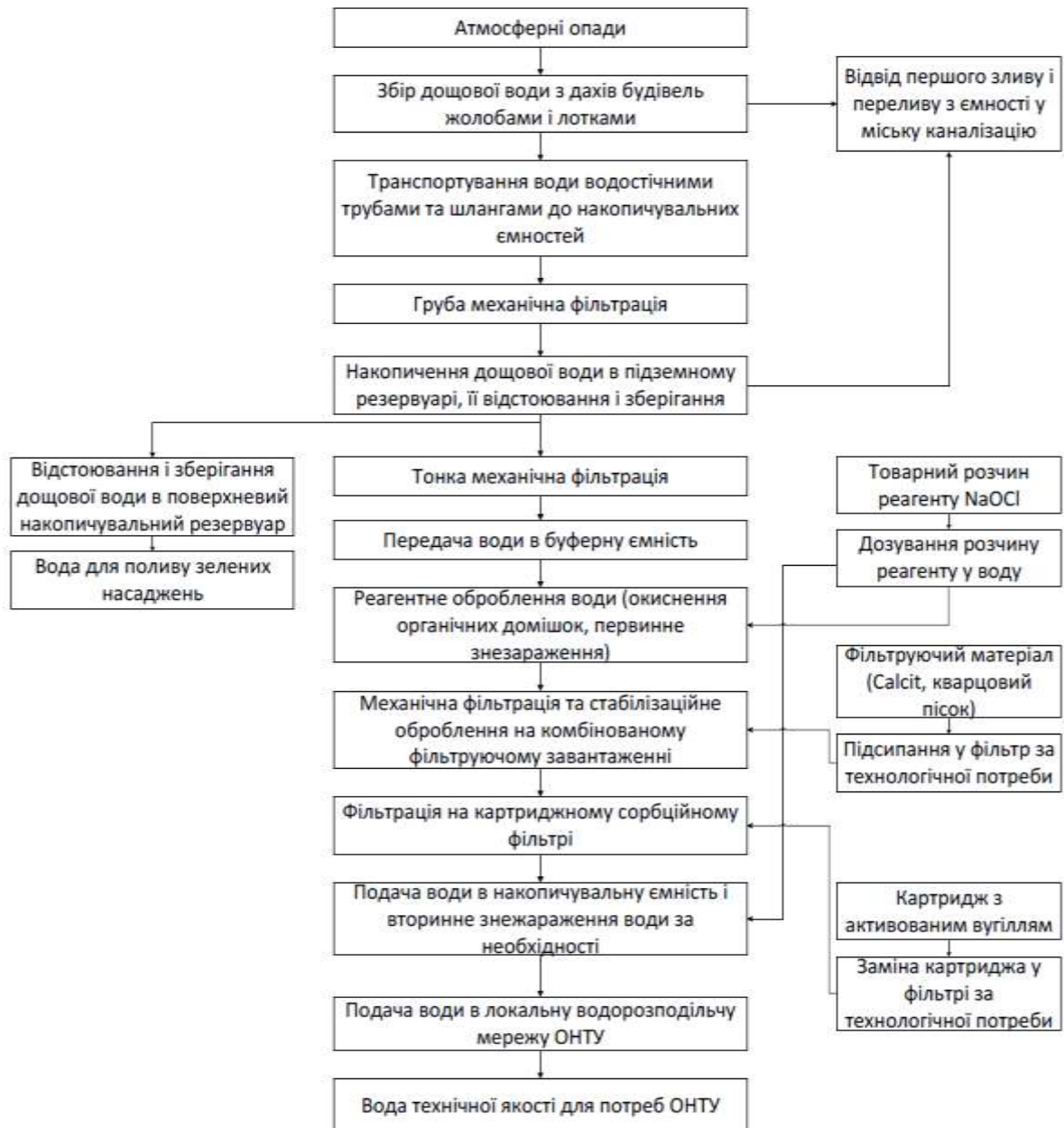


Рисунок 3.1 – Векторна технологічна схема збору та очищення дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ та її використання для технічних потреб навчального закладу

Після грубої механічної фільтрації дощова вода подається в накопичувальний резервуар. Накопичувальний резервуар має бути обладнаний переливним пристроєм і пристроєм для контролю рівня води і в ньому. Ємність повинна бути виготовлена із матеріалу, що допущений чинними нормативними документами України для зберігання води. Кількість ємностей повинна бути такою, щоб забезпечити накопичення дощової води і зберігання її протягом не більше двох тижнів. При цьому не варто забувати, що відбір води на технічні потреби буде здійснюватися постійно за її наявності.

Далі, з накопичувальних ємностей здійснюється відбір води і подача її насосами до системи очищення. Першим етапом очищення дощової води є тонка механічна фільтрація. Доцільно застосовувати механічні сітчасті фільтри. Доцільно, щоб такі фільтри були самопромивними. Можна також використовувати картриджні фільтри із полімерних матеріалів. Рейтинг фільтрації при тонкій механічній фільтрації має бути не більше 100 мкм. Це необхідно для того, щоб проведення реагентного оброблення та наступна фільтрація води була більш ефективною.

Після тонкої механічної фільтрації вода подається в контактну (буферну) ємність. Така ємність необхідна для проведення реагентного оброблення води. Під час цього технологічного процесу у воду буде дозуватися робочий розчин гіпохлориту натрію. Механізм його дії у воді дозволяє чинити деструктивний вплив на складні високомолекулярні органічні речовини, розкладаючи їх на прості низькомолекулярні речовини. Прості органічні речовини і низка неорганічних речовин окислюється, перетворюється на речовини, які надалі можна відфільтрувати на механічному зернистому фільтрі. Також за допомогою розчину реагенту гіпохлориту натрію здійснюється знезараження води. Окиснення домішок води і її знезараження перед наступною фільтрацією води дозволить подовжити термін експлуатації фільтруючих матеріалів.

Робочий розчин гіпохлориту натрію необхідної концентрації можна готувати з товарного розчину гіпохлориту натрію. На майбутнє можна передбачити встановлення електролізної установки. Ця установка генеруватиме розчин

гіпохлориту натрію із розчину кухонної солі на місці. Це кращий варіант за попередній, оскільки розчин гіпохлориту натрію нестійкий, під дією температури і ультрафіолету втрачає свої властивості.

Для приготування робочого розчину гіпохлориту натрію слід використовувати спеціальну установку для приготування і пропорційного дозування у воду розчину в реагенту. Установка має містити ємність для приготування розчину реагенту, насос-дозатор та систему автоматичного керування процесом дозування реагенту.

Враховуючи токсичність хлорвмісних реагентів, важливо, щоб у приміщенні, де буде розміщена установка для приготування розчину і його дозування у воду була встановлена витяжна вентиляція та двоє дверей для входу та виходу з приміщення.

Після реагентного оброблення вода переміщається насосом на фільтри. Метою фільтрації є видалення завислих речовин, що утворюються в результаті окислення домішок води. Для цього пропонується використати фільтр, в якому фільтруючим завантаженням є кварцовий пісок. Також метою фільтрації є стабілізаційне оброблення води. Як було зазначено в п.3.1, дощова вода є агресивною, тобто здатна викликати корозійні процеси на металевих поверхнях, з якими вона контактує. Оскільки система очищення води буде малої продуктивності, то для її стабілізаційної обробки запропоновано пропускати воду крізь фільтруюче завантаження, що містить мармурову крихту (чи інший матеріал з подібними властивостями). Таким чином, встановлення механічного фільтру комбінованої дії за рахунок двошарового різнофункціонального завантаження (кварцовий пісок + мармурова крихта) дозволить в одному апараті вилучати дрібно дисперсні зависі, що утворюються при окисненні води, а також мінімізувати агресивність води.

З механічного зернистого фільтру вода під напором поступає на фільтрацію в сорбційний фільтр. Він необхідний, оскільки дощова вода, зібрана з дахів будівель ОНТУ, має забарвлення. Крім того, при реагентному обробленні дощової води хлорвмісним реагентом можливе утворення хлорорганічних токсичних

сполук, які до того ж надаватимуть воді неприємний запах. Використання сорбційного фільтру дозволить уникнути цих ризиків і неприємних наслідків. В якості фільтруючого сорбційного матеріалу запропоновано використовувати гранульоване чи пресоване і подрібнене активоване вугілля, поміщене в корпус картриджного елемента фільтру.

Під час експлуатації механічних фільтрів відбуватиметься зтирання зернистого навантаження, подрібнення та виніс з водою його дрібних часток. Тому треба періодично здійснювати поповнення фільтру новим фільтруючим матеріалом. Картридж сорбційного фільтру також треба замінювати, керуючись рекомендаціями виробника та власними дослідженнями якості води від системи очищення. Правильно організований контроль якості води при експлуатації водоочисної системи дозволить не тільки вчасно замінити фільтруючі матеріали, а дозволить скоректувати тривалість і періодичність фільтроциклів, періодичність мийок технологічного обладнання.

Очищена дощова вода подається в накопичувальну ємність. Якщо мікробіологічні дослідження води при експлуатації системи покажуть необхідність її вторинного знезараження, тоді це доцільно буде зробити. Використовувати для цього можна також розчин гіпохлориту натрію. Концентрацію розчину як і для першого реагентного оброблення, так і для другого треба буде визначити в ході пробного лабораторного дослідження. Далі, дозування розчину за необхідності треба буде коректувати.

Підготовлена вода технічної якості з накопичувальної ємності подаватиметься насосом в розподільчу систему. Для того, щоб зменшити витрати електроенергії при експлуатації системи очищення води, можна ємність розмістити на даху будівлі, в якій ймовірніше ця вода буде використовуватися. Це дозволить подавати воду самопливом в розподільну мережу.

Зібрану з дахів будівель ОНТУ дощову воду можна використовувати для поливу зелених насаджень. З літератури відомо, що для такого випадку краще використовувати не холодну, а воду з температурою не нижче ніж навколишнього середовища. Тому в технології пропонується зібрану дощову воду з дахів будівель

ОНТУ після грубої фільтрації направляти в наземні накопичувальні ємності, а звідти подавати воду на полив. Якщо облаштування наземних ємностей буде здорожувати проект, тоді відбір води на полив можна на перших порах здійснювати з підземних ємностей.

3.4 Розрахунок продуктивності системи збору і очищення дощової води

Максимальну продуктивність проектної системи збору і очищення дощової води для технічних потреб університету розрахуємо, виходячи з даних про площі дахів ОНТУ, з яких можливо організувати збір дощової води, а також з врахуванням середньомісячної і середньорічної кількості опадів в м. Одесі.

Об'єм дощової води, яку можна зібрати з визначених для проекту дахів ОНТУ протягом року ($V_d, \text{м}^3/\text{рік}$) розраховували за рівнянням [58]:

$$V_d = F_d \cdot V_o \cdot k_{\text{ст}} \cdot k_{\text{ф}}, \quad (3.3)$$

де F_d - сумарна площа дахів будівель ОНТУ, м^2 ;

V_o - річний об'єм дощових опадів, $\text{м}^3/\text{рік}$;

$k_{\text{ст}}$ - коефіцієнт стоку. Він залежить від особливостей матеріалу і конструкції даху. Прийняли, що дах похилений, вкритий металопрофілем. Для цих умов коефіцієнт стоку дорівнює 0,8 [58].

$k_{\text{ф}}$ - коефіцієнт фільтрації. Приймаємо за рекомендацією [58], рівним 0,9.

Сумарну площу дахів будівель ОНТУ розраховували за рівнянням:

$$F_d = \sum F_{di}, \quad (3.4)$$

де F_{di} - площа даху окремої і-тої будівлі ОНТУ, м^2 ;

За генеральним планом ОНТУ (рис.3.2) було визначено площі дахів окремих будівель і розраховано сумарну площу дахів:

$$\begin{aligned} F_d &= \sum F_{di} = F_{d1} + F_{d2} + F_{d3} + F_{d4} + F_{d5} + F_{d6} + F_{d7} \\ &= 3800 + 1927 + 2440 + 1110 + 1315 + 1200 + 1210 = 13002 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Кількість атмосферних опадів в м. Одесі визначали за даними Гідрометцентру (період спостережень з 1874 року і дотепер) (табл. 3.1) [59]. В

таблиці зазначена місячна норма опадів, а також наведені історичні мінімуми і максимуми кількості місячних та добових опадів. На основі цих даних побудована діаграма, що відображає динаміку зміни кількості атмосферних опадів протягом року (рис.3.3). З рис.3.3 видно що найбільша місячна кількість опадів спостерігалася в період з червня по листопад в різні роки. З червня по жовтень є найвищими і нормативні місячні значення кількості опадів.

Таблиця 3.1 – Кількість атмосферних опадів м. Одесі

Місяць	Норма, мм/м ²	Місячний мінімум, мм/м ²	Місячний максимум, мм/м ²	Добовий максимум, мм/м ²
січень	43	0,4 (1874)	139 (1966)	54 (2018)
лютий	35	0,7 (1920)	135 (1969)	33 (2007)
березень	35	0,0 (1921)	91 (1988)	33 (2012)
квітень	28	0,1 (2009)	138 (1977)	47 (2015)
травень	39	0,0 (1884)	135 (1970)	60 (2006)
червень	47	1,0 (1877)	167 (1886)	90 (1984)
липень	45	2,0 (2001)	145 (1965)	90 (1988)
серпень	40	0,0 (1897)	151 (2002)	106 (2002)
вересень	44	0,0 (1903)	167 (1971)	113 (2016)
жовтень	37	0,0 (1856)	198 (1939)	57 (2016)
листопад	39	0,0 (1902)	154 (1952)	72 (1974)
грудень	38	0,0 (1921)	135 (1878)	41 (2009)
За рік		203 (1921)	754 (2016)	113 (2016)

Спрогнозувати, якою буде кількість атмосферних опадів в наступні роки складно. Адже вона залежить від багатьох кліматичних факторів, змінюється рік від року, і інколи дуже суттєво відрізняється для одного і того ж місяця але різних років. Тому для розрахунків об'ємів дощової води, які можна збирати з дахів будівель ОНТУ кожного місяця, використали нормативні значенням місячної кількості атмосферних опадів (в мм/м²). Результати цих розрахунків наведено на рис.3.4.



Рисунок 3.2 – Генеральний план ОНТУ із зазначенням площ дахів будівель, вибраних для розрахунку

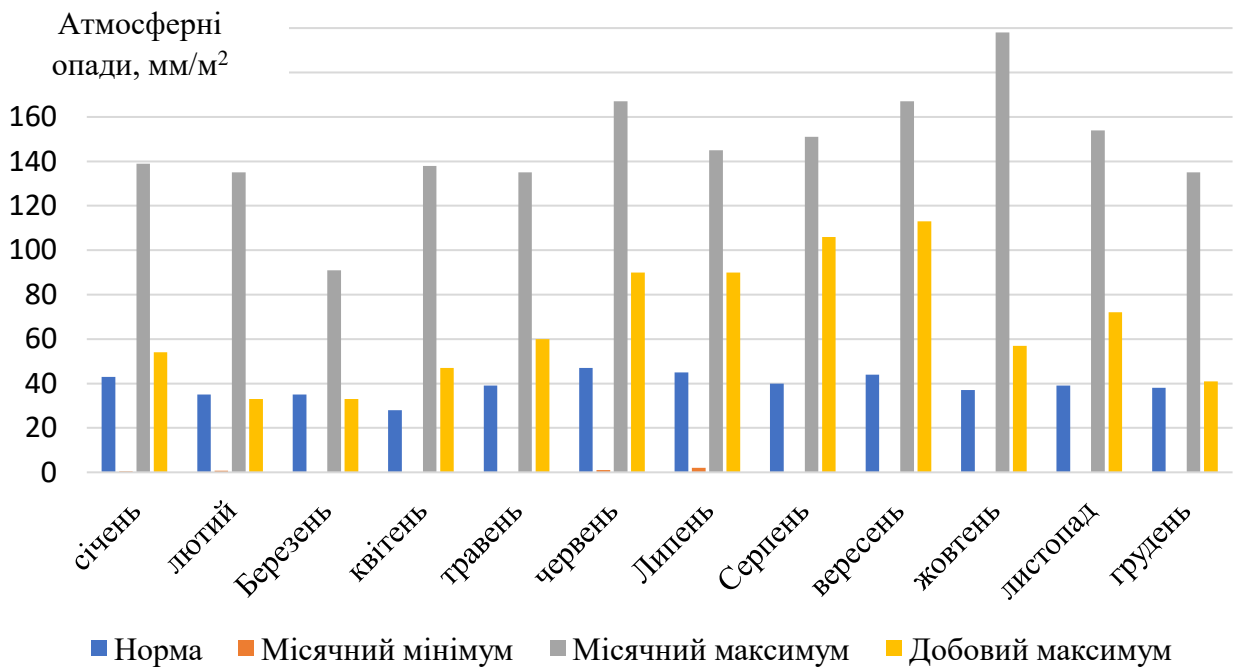


Рисунок 3.3 - Динаміка атмосферних опадів в м. Одеса протягом року

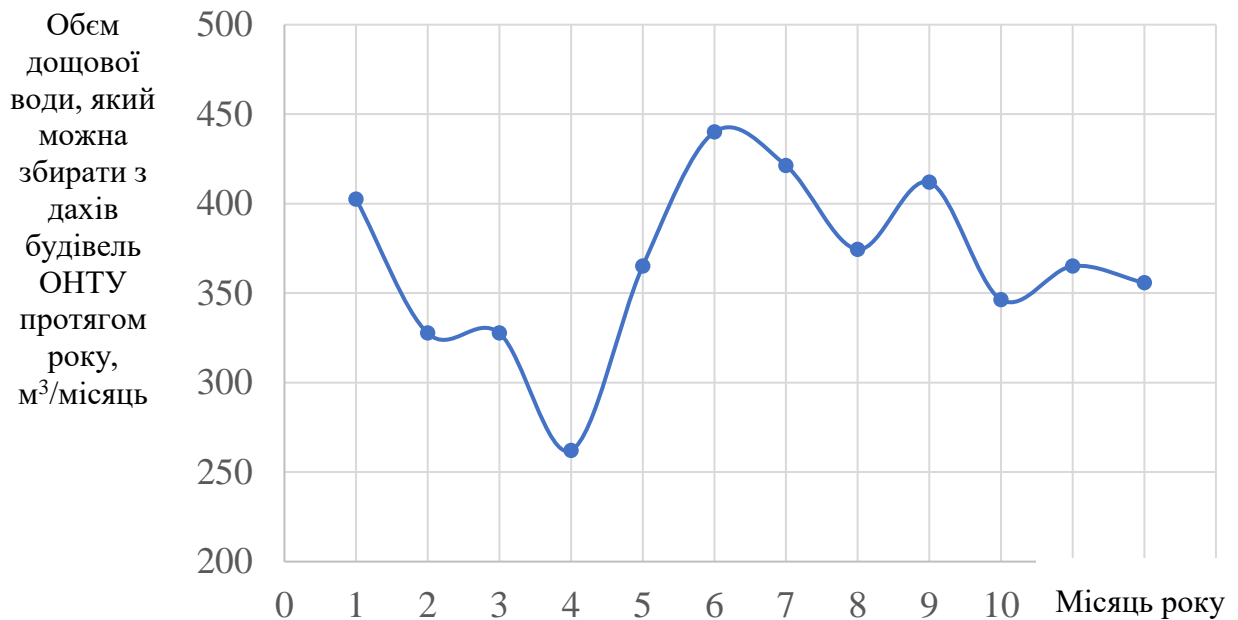


Рисунок 3.4 – Об'єм дощової води, який може бути зібраний з дахів будівель ОНТУ

Як видно з рис. 3.4, мінімальний об'єм зібраної дощової води може становити 262 м³/місяць, максимальний - 440 м³/місяць, а середній за рік - 366,7 м³/рік. За рік можна зібрати 4 399,9 м³ дощової води. Але в реальності об'єми зібраної дощової води можуть бути і більшими і меншими. (табл.3.1).

Згідно даних, наданих господарським відділом ОНТУ, в 2019 році водопостачання для потреб навчальних корпусів ОНТУ за адресою вул. Канатна, 112 становило 20 123 м³/рік, а водопостачання гуртожитків № 4 та № 5, розміщених за адресою вул. Канатна, 104 та 106 становило 16 477 та 7 376 м³/рік відповідно. Тобто сумарне водопостачання зазначених об'єктів ОНТУ в 2019 році склало 43 976 м³/рік.

Для водопостачання в ОНТУ використовують питну воду із міського водогону. Згідно літературних даних, до 50 % води питної якості, яку використовують люди для різних потреб, можна замінити водою технічної якості. Тобто, до 21 988 м³ /рік в ОНТУ в будівлях за вказаними адресами може бути використано технічної води. За нашими підрахунками, з дахів будівель ОНТУ можна зібрати за рік 4399,9 м³ дощової води. Це 20 % від потреби в технічній воді в ОНТУ, а саме в навчальних корпусах і гуртожитках, розташованих на вул. Канатній. Найменше водопостачання має гуртожиток №5, а саме 7276 м³/рік. Якщо

всю зібрану дощову воду з дахів будівель ОНТУ на вул. Канатній зібрати і очистити, то вона повністю закrije потреби в технічній воді зазначеного гуртожитку. Крім того, треба буде менше платити за водовідведення дощових вод із вказаної території.

При визначені продуктивності системи збору і очищення дощової води необхідно визначити об'єми резервуарів для її накопичення і зберігання. Спершу приймаємо, що резервуари будуть забезпечувати збір $366,7 \text{ м}^3$ дощової води в місяць. Але оскільки воду дощову не варто зберігати довше двох тижнів. Тому необхідний об'єм резервування води приймемо рівним 180 м^3 . В резервуарах вода накопичуватиметься, зберігатиметься і з них буде відбиратися на щоденні потреби навчального закладу.

3.5 Підбір основного технологічного обладнання. Визначення продуктивності та кількості одиниць технологічного обладнання

В Україні німецька компанія Otto Graf GmbH [56, 57] реалізує пластикові підземні пласкі резервуари для накопичення і зберігання дощової води. Максимальний об'єм таких резервуарів – $7,5 \text{ м}^3$. Для того, щоб забезпечити збір зазначений вище об'єму дощової води з дахів будівель ОНТУ необхідно встановити навколо будівель навчального закладу, розташованих, на вул. Канатній 112, 104 та 106 24 таких підземних резервуари. Це достатньо велика кількість габаритних резервуарів. Можуть виникнути проблеми з їх розміщенням навколо будівель університету, викопуванням ям для них та взагалі з улаштуванням збору води в чисельну кількість резервуарів, розміщених в різних точках території. Крім того, резервуари дорогі, оскільки кожен з них облаштований двома видами фільтрів і системою регулювання подачі і відведення води. Саме тому, в роботі пропонується використати для розміщення резервуарів наявні підвальні приміщення університету (наприклад, корпус В). Це дозволить згрупувати резервуари для збору води в одному місці і скоротить витрати на закупівлю та експлуатацію системи збору і очищення та експлуатації.

Пропонується для накопичення і зберігання води використовувати ємності поліетиленові об'ємом 10 м³ стаціонарні від виробника ПП «ЄВРО ПЛАСТ» (Україна, Одеська обл., Овідіопольський р-н, смт Великодолинське) (рис.3.5). Кількість ємностей – 8 шт для першого етапу встановлення системи. Надалі кількість ємностей за необхідності можна збільшувати. Габаритні розміри: висота – 265 см; діаметр - 242 см. Діаметр горловини – 44 см, розмір штуцера – 2 дюйми. Вартість – 44 373 грн [60].

Ємність виготовлена із харчового, хімічно стійкого поліетилену в відповідності до ТУ У 25.2-36249547-001:2009 та відповідає технічним нормам, що діють на території України. Ємність виготовлена з поліетилену стійкого до ультрафіолетового випромінювання, який не змінює хімічних, фізичних та смакових властивостей речовин, що зберігаються в ній. Допустимі відхилення лінійних розмірів ємності від -5% до + 5%. Нормативний термін експлуатації виробу при взаємодії з харчовими продуктами не менше 20 років [60].



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд ємностей для накопичення і зберігання дощової води (об'єм – 10 м³) [60]

На випадок, коли кількість опадів буде більшою, ніж дозволятимуть об'єми існуючих резервуарів, в системі збору дощової води буде передбачено пристрій для скиду надлишку води в систему міської каналізації.

Продуктивність системи очищення води - 2 м³/год. Працюватиме вона всі дні тижня. Тривалість роботи системи становитиме 6 годин. Із системи очищення в накопичувальну ємність поступатиме підготовлена технічна вода. При такому

режимі роботи за два тижні буде очищено 180 м^3 води ($2 \cdot 6 \cdot 15 = 180$) і щодня буде підготовлено 12 м^3 води технічної якості.

Загалом, вся система очищення води передбачає використання такого обладнання: фільтрів для грубого очищення води, фільтрів для тонкого очищення води, контактної ємності і установки для приготування і дозування гіпохлориту натрію, механічного фільтра комбінованої дії із двошаровим зернистим завантаженням, картриджного сорбційного фільтру, ємності для накопичення підготовленої води, насосів. Також треба будуть з'єднувальні шланги, вентиля, крани та інша допоміжні деталі, а також вимірювальні пристрої (тиск, витрати води) і пробовідбірники.

Механічний фільтр для грубої фільтрації води. Пропонується встановити переливний фільтр для дощової води марки D400 AQ (рис.3.6) [61].



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд і схема монтажу грубого механічного фільтру для дощової води [61]

Фільтр можна підключити безпосередньо до ринви, можна розмістити в землі чи безпосередньо біля ємностей, куди буде зливатися дощова вода з дахів. Переливний фільтр виготовлений з поліетилену високої щільності ПЕНД. Корпус і кришка виготовлені методом лиття пластику. З'єднання фільтра інтегровані в корпус. Фільтр оснащений входом, зливовим переливом із сітчастим фільтром і випуском. Зливовий перелив служить для аварійного зливу води з фільтра в разі засмічення кошика фільтра. Компактна конструкція фільтра захищає його від пошкоджень. Кришка, що загвинчується, полегшує обслуговування. Фільтр можна

розмістити глибше, використовуючи додаткові подовжувачі D400 H200 AQ. Треба підключити впускну трубу перед встановленням. Зливовий водовідлив може бути підключений до каналізації або підключений до випуску. Вихідний патрубок фільтра можна підключити до резервуару для дощової води або, якщо вода зливається в землю, до системи інфільтрації з інфільтраційних тунелів.

Габаритні розміри фільтра: висота – 490 мм, діаметр у верхній найширшій частині – 470 мм. Діаметри всіх з'єднань - Ø110 мм. Вартість фільтра – 3054 грн/шт. Фільтр пропонується встановити один перед розподілом води в накопичувальні резервуари.

Фільтр для тонкого очищення води. Пропонується встановити в систему очистки дощової води один промивний фільтр для тонкого очищення води. Перевагою фільтра є відсутність потреби в заміні конструктивних елементів. Необхідне лише промивання внутрішньої частини фільтра. Для цього передбачений спеціальний кран у нижній частині корпусу. Закриттям та відкриттям крану змінюється напрямок потоку води та змивається забруднення, накопичені на сітці. Щороку рекомендують повністю розбирати фільтр і мити всі деталі [62]. В проекті пропонується встановити фільтри марки BWT PROTECTOR MINI ¾" CR (рис. 3.7) [63].



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд фільтра BWT PROTECTOR MINI ¾" CR [63]

Фільтр BWT Protector mini CR ¾" призначений для видалення з холодної води піску, мулу, іржі. Характеристика фільтра: пряма промивка в ручному режимі; зручний, економічний та довговічний (латунь, сучасний пластик); змінний фільтрувальний елемент виготовлений з нержавіючої сталі; висока ефективність фільтрування; витримує високий тиск (протестований на більше ніж

200 000 перепадів навантаження, при 1,5-кратному перевищенні номінального тиску); прозорий корпус допомагає контролювати чистоту фільтра; наявність крана промивки з під'єднанням під шланг для зливу під час промивки фільтра; легкий монтаж завдяки універсальним внутрішній та зовнішній різьбі, а також гайкам, які входять в комплект; можливість додаткової комплектації манометром. Продуктивність за перепаду тиску на фільтрі 0,2 бара - 2,8 м³/год. Рейтинг фільтрування - 100 мкм. Номінальний тиск - 16 бар. Робочий тиск - 1,5-16 бар. Максимальна температура води/навколишнього середовища – (30 – 40) °С. Габаритні розміри: висота – 204 мм; монтажна довжина - 160 мм. Вартість - 2 406 грн/шт [63].

Контактна ємність для води. В контактній ємності вода буде піддаватися реагентному обробленню після дозування в неї реагентів.

Пропонується встановити дві ємності поліетиленові стаціонарні ТМ EURO PLAST об'ємом 2000 л кожна (рис.3.8). Ці ємності виготовляються з харчового, хімічно стійкого поліетилену в відповідності до ТУ У 25.2-36249547-001:2009 та відповідають технічним нормам, що діють на території України. Ємності виготовлені методами ротаційного або видувного формування. Ємність виготовлена з поліетилену стійкого до ультрафіолетового випромінювання, який не змінює хімічних, фізичних та смакових властивостей речовин, що зберігаються в ній. Допустимі відхилення лінійних розмірів ємності від -5% до + 5% [64]. Габаритні розміри ємності: висота – 165 см, діаметр -133 см. Діаметр горловини – 32 см, розмір штуцера – 1 дюйм, кількість шарів полімеру – 2. Вартість ємності - 9 723 грн/шт [65].



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд буферної ємності для води (об'єм – 2 м³) [65]

Перед початком експлуатації необхідно перевірити цілісність ємності та герметичність всіх різьбових з'єднань. У разі необхідності слід самостійно забезпечити герметичність з'єднань. Температура експлуатації виробу - від - 35° до + 65 °С. Температура робочої рідини від -35 до + 65°С. Ємності зі стандартною масою призначені для зберігання рідин зі щільністю не більше ніж 1г/см³. Максимально допустимий надлишковий тиск в резервуарі - 0,05 бар. Розрідження тиску всередині резервуара не допускається. Під час зливання рідини ємність повинна знаходитися у відкритому стані. Переміщення заповнених ємностей - заборонено. Розігрів робочої рідини в ємності -заборонений [64].

Станція для приготування і дозування розчину гіпохлориту натрію у воду.

Вона включає: насос-дозатор, витратомір з імпульсним виходом, ємність з реагентом (рис. 3.9). Для окислення органічних речовин і для знезараження води застосовується метод пропорційного дозування водного розчину гіпохлориту натрію за допомогою насоса-дозатора. Він спрацьовує за витратою води від імпульсного водолічильника або вручну. При проходженні води через витратомір на насос дозатор подається імпульс і він дозує у воду гіпохлорит натрію, пропорційно кількості води, що обробляється. Вода з реагентом надходить у контактну ємність, де відбувається окислення всіх забруднень і нейтралізація бактерій і вірусів, що у є воді. Необхідна комплектація станції дозування та приготування гіпохлориту натрію підбирається в залежності від витрати води та концентрації реагенту, що дозується [66, 67]. Для технологічної схеми вибрана станція дозування марки SEKO S.P.A. (модельний ряд DOSING STATION) з мембранним насосом-дозатором, з продуктивністю в межах (0,1 – 8) л/год, максимальним тиском насосу-дозатора – 12 бар, з баком для робочого розчину на об'єм 50 л, із електронним управлінням (є датчик рівня, який сигналізує, коли реагент закінчується). В подальшому станцію можна буде доукомплектувати мішалкою, витратоміром та іншим. Вартість станції – 24 765 грн [68].



Рисунок 3.9 – Конструктивні елементи та зовнішній вигляд станції для приготування і дозування гіпохлориту натрію у воду [66, 67]

Механічний фільтр комбінованої дії із двошаровим зернистим завантаженням. Пропонується встановити один механічний фільтр марки Ecosoft FP 1665СТ (рис. 3.10) з продуктивністю 2,05 м³/год. Вартість фільтру – 30 380 грн/шт [70]. Фільтр підключається до водопроводу подачі дощової води. Вода надходить в корпус фільтра, проходить через шар фільтруючого матеріалу, ефективно очищає її. Коли ресурс фільтра вичерпується, він самостійно виходить на регенерацію для відновлення робочих характеристик фільтруючого матеріалу. У заданий час клапан керування переводить систему в режим регенерації. Для зручності споживача налаштування клапана запрограмовані таким чином, що система регенерується в той час, коли не відбувається споживання води. Під час регенерації через фільтр з великою швидкістю зворотним потоком пропускається вода, яка розпушує і очищує поверхню фільтруючого матеріалу, вимиваючи всі домішки, і далі скидається в каналізацію. Після цього система знову може використовуватися для очищення води. Для регенерації доцільно використовувати неочищену воду [70].



Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд механічного фільтра Ecosoft FP 1665CT [70]

Характеристики фільтра: об'єм фільтруючого матеріалу – 113,2 л; витрата води на одну регенерацію – 3,12 м³/год; тривалість регенерації – (15...30) хв; об'єм води на одну регенерацію – (0,8...1,5) м³; необхідний рівень попереднього очищення води від механічних домішок - 100 мкм; робочий тиск – (2...6) бар; перепад тиску в робочому режимі – (0,5...1,0) бар; температура вихідної води – (4...300) °С; електроживлення та споживана потужність керуючого клапана - 230 В, 50 Гц, до 30 Вт. Підключення установки (зовнішня різьба) – 1 дюйм. Вага нетто - 100 кг. Габаритні розміри фільтра: висота – 186 см, діаметр зовнішній – 42 см. Комплектація фільтра: корпус фільтра, багатофункціональний керуючий клапан Slack WS1 CT (США) та фільтруючий матеріал [70].

В якості фільтруючих завантажень пропонується використати фільтруючий матеріал Calcite (для стабілізаційного оброблення води) і кварцовий пісок (для очищення води від дрібнодисперсних домішок). Calcite — фільтруючий матеріал, одержаний на базі природного карбонату кальцію CaCO₃ (рис. 3.11). Використовується в фільтрах для нейтралізації кислотності та підвищення рН. При контакті з Calcite, вода з низьким рН повільно розчиняє карбонат кальцію до досягнення рівноважного значення рН, при якому знижується її корозійна активність [71].

Характеристики фільтруючого матеріалу: колір - світло-сірий; насипна вага - 1,44, г/см³; питома вага - 2,7 г/см³; коефіцієнт однорідності - 1,5; розмір гранул – (0,42–1,17) мм. Товарне фасування в мішках об'ємом 15,6 л [71].



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд фільтруючого матеріалу Calcite [71]

Найбільш ефективним є застосування цього матеріалу при невеликих швидкостях потоку. Основні переваги: матеріал природного походження; низький коефіцієнт однорідності, що забезпечує максимальний контакт з вихідною водою; низькі експлуатаційні витрати; низька швидкість нейтралізації, і як наслідок, можливість контролю процесу корекції рН. Періодичне розпушування нейтралізуючого матеріалу попереджує його злежування та продовжує термін експлуатації. Внаслідок розчинення матеріалу в робочому режимі, його кількість необхідно періодично поповнювати. Частота додавання залежить від складу вихідної води, її рН, а також продуктивності нейтралізуючого фільтру [71].

В якості другого фільтруючого матеріалу запропоновано використовувати кварцовий пісок FILTERSAND, який виготовляється відповідно до технічного стандарту DIN EN 12904. Застосовується у будь-яких системах фільтрації води. Фракційний склад піску - (0,8 – 1,2) мм. Товарне фасування – паперовий мішок вагою 25 кг [72].

Картриджний сорбційний фільтр. Для сорбційного очищення дощової води запропоновано використовувати картридж з гранульованим активованим вугіллям Ecosoft 4,5"x20" (CHV4520ECO) [73].



Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд картриджу з гранульованим активованим вугіллям [73]

Всередині картриджу - 100% високоякісне гранульоване активоване вугілля зі шкарлупи кокосових горіхів. Картридж видаляє з води хлор та хлорорганічні сполуки, зменшує концентрацію важких та кольорових металів, а також фенолу, нафтопродуктів та пестицидів. Коректує колір та запах води. Картридж з гранульованим активованим вугіллям Ecosoft 4,5"х20" має збільшений ресурс по хлору. Підходить до фільтрів інших виробників зі стандартним типорозміром 4,5"х20". Матеріал корпусу - європейська харчова пластмаса. Характеристики: максимальний ресурс за хлором – 60 м³. Тобто на 1 місяць треба 3-6 таких картриджів в залежності від якості вихідної води. Габаритні розміри: висота – 508 ± 2,0 мм; максимальний зовнішній діаметр – 114 ± 1,0 мм. Робоча температура - (3...43) °С. Рекомендована швидкість фільтрування – 5 л/хв. Максимальний термін експлуатації – 6 місяців. Вартість картриджа – 1552 грн/шт [73].

Картридж встановлюється в колбу типу ВВ20 (рис.3.13). Характеристика колби: типорозмір - 4,5"×20". Габаритні розміри: діаметр – 190 мм, висота – 605 мм. Максимальна продуктивність – 5 м³/год. Максимальний робочий тиск – 8 бар. Матеріал корпусу – пластик. Вартість колби – 2134 грн/шт [74].



Рисунок 3.13 - Зовнішній вигляд корпусу для картриджного фільтру [74]

Ємність для накопичення підготовленої води. Щодня система очищення води буде продукувати 12 м³ підготовленої води технічної якості. Відповідно, треба мінімум одна ємність відповідного об'єму, або дві меншого. Враховуючи, що відбір води буде відбуватися нерівномірно, але протягом дня, запроновано встановити гнучкий резервуар для технічної води об'ємом 10 м³ (рис. 3.14) [75].



Рисунок 3.14 - Зовнішній вигляд гнучкого резервуару для технічної води [75]

Гнучкі резервуари застосовують для: зберігання питної води, води для миття посуду; зберігання пожежного запасу води і технічної рідини для побутових потреб, прибирання та миття техніки; організації зрошень рослин в теплицях і садах; збір дощової води для поливу. Всі резервуари мають невелику вагу і габарити, завдяки чому вони дуже зручні при транспортуванні і можуть бути встановлені практично на будь-яку поверхню [75]. Такий резервуар можна розмістити на даху гуртожитка №5. Але з точки зору можливого ушкодження

резервуару і витоку води великого об'єму, краще його розмістити на вулиці біля гуртожитка. Площа дозволяє, а температурні умови в м. Одесі також підходять під умови експлуатації гнучкого резервуару.

Вибрано гнучкий резервуар від українського виробника компанії «Теплоснаб» (м. Харків). Характеристики резервуара: вага - 35 кг; гарантійний термін експлуатації - 12 міс.; максимальна температура навколишнього середовища - 70 °С; мінімальна температура навколишнього середовища – мінус 30 °С; тип резервуара за способом монтажу – надземний; тип резервуара за способом встановлення – горизонтальний. Габаритні розміри: висота - 900 мм; довжина - 7000 мм ; ширина - 2700 мм. Матеріал резервуару - тканина ПВХ, щільність - (930-1300) г/м² (SEDO, Іспанія). Тип рідини, що зберігається в резервуарі - вода технічна. Вартість резервуару – 21945 грн/шт [76].

Насоси для перекачування води. В системі збору і очищення дощової води необхідно встановити три насосні станції для перекачування і підвищення тиску води: із підземного резервуару на фільтр тонкої фільтрації і в контактну ємність (1 шт); із контактної ємності на механічний і сорбційний фільтр (1 шт); для подачі підготовленої технічної води в розподільчу мережу (1 шт).

Запропоновано встановити три Автоматичні насосні станція DAB AQUAJET-INOX 102 M – G. Це установки для не тільки перекачування вода, а і підвищення тиску води. А це важливо для проведення процесу фільтрації і підйому води на висоту, зокрема в розподільчу систему. В комплектацію станції входить насос серії JET-INOX, реле тиску, призначене для автоматичної роботи станції, датчик тиску, комплект для монтажу насоса і двигуна. Накопичувальний бак, що також входить в комплект, являє собою горизонтальну ємність об'ємом 20 літрів, оснащену мембраною з бутилкаучуку. Бак обладнаний стійками в нижній частині і кронштейном для кріплення насоса [77].

Насосна станція призначена для перекачування чистої рідини, без твердих частинок і довговолонистих включень, без мінеральних масел, за своїми властивостями наближається до води. Температура рідини повинна бути в межах від 0° С до +35° С (для санітарних вод). Для інших видів застосування діапазон

температур становить від 0° С до +40° С. Інші характеристики: вага – 17,9 кг; висота – 573 мм; довжина – 494 мм; ширина – 283 мм; максимальна висота всмоктування – 8 м; максимальна витрата води – 3,6 м³/год; максимальний напір – 54 м; максимальний робочий тиск – 8 бар; максимальна температура рідини – 35 °С; матеріал корпусу – нержавіюча сталь; матеріал робочих коліс – технополімер; номінальна потужність – 750 Вт; напруга – 230 В; номінальний струм – 5,1 А; об'єм гідробаку – 20 л; рівень шуму – 70 дБ; Вартість - 7529 грн/шт. Виробник – Dab, Італія [77].



Рисунок 3.15 - Зовнішній вигляд насосної станції DAB AQUAJET-INOX 102 M – G для води [77]

За результатами підбору технологічного обладнання складено таблицю з його переліком, продуктивністю, габаритними розмірами, вартістю і кількістю.

Таблиця 3.2 – Технологічне обладнання для системи збору і очищення дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ

№ з/п	Назва обладнання, виробник	Продуктивність / Об'єм	Габаритні розміри	Вартість, грн/шт	Кількість, шт
1	Накопичувальна ємність поліетиленова стаціонарна для дощової води, ПП «ЄВРО ПЛАСТ» Україна	10 м ³	H = 2650 мм, D = 2420 мм	44 373	8
2	Фільтр для грубого очищення дощової води, D400 AQ, Україна	3 м ³ /год	H= 490 мм, D = 470 мм	3054	1
3	Фільтр тонкого очищення BWT	2,8 м ³ /год.	H = 204 мм, D =160 мм	2 406	1

	PROTECTOR MINI ¾" CR, BWT, Німеччина				
4	Контактна емність поліетиленова стаціонарна, ТМ EURO PLAST, Україна	2 м ³	H = 1650 мм, D = 133 мм	9 723	2
5	Станція приготування і дозування гіпохлориту натрію, SEKO S.P.A., Італія	(0,1 – 8) л/год (за розчином реагенту)	H = 670 мм, D = 380 мм	24 765	1
6	Механічний фільтр Ecosoft FP 1665CT, Ecosoft, Україна	2,05 м ³ /год	H = 1860 мм, D = 420 мм	30 380	1
7	Картриджний сорбційний фільтр Ecosoft, Україна	5 м ³ /год – max	D = 190 мм, H = 605 мм	3686	1
8	Гнучкий резервуар для технічної води, Теплоснаб, Україна	10 м ³	H = 900 мм, D = 7000 мм, Ш = 2700 мм	21 945	1
9	Насосна станція DAB AQUAJET-INOX 102 M – G для води, Dab, Італія	3,6 м ³ /год - max	H = 573 мм, D = 494 мм, Ш = 283 мм	7529	3

Також, з врахуванням розробленої технологічної схеми і підбраного обладнання розроблена апаратурно-технологічна схема збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів ОНТУ (рис.3.16).

3.6 Розрахунок витрат реагентів

В технології буде використовуватися технічний розчин гіпохлориту натрію (ГХН) марки А ГОСТ 11086-76 (технічні умови використання узгоджені в Україні). Концентрація реагенту за активним хлором - 190 г/дм³. Відомо, що він є найкращим реагентом на стадії попереднього окиснення і подальшого знезараження питної води перед подаванням її в розподільну мережу [69].

Необхідне дозування гіпохлориту натрію (ГХН) при відсутності даних технологічних випробувань розраховано за рівнянням [69]:

$$D_{ax} = q \cdot (Fe^{2+} \cdot K_{Fe} + Mn^{2+} \cdot K_{Mn} + H_2S \cdot K_{H_2S} + ПМО \cdot K_{ПМО} + D_{zn}), \quad (3.5)$$

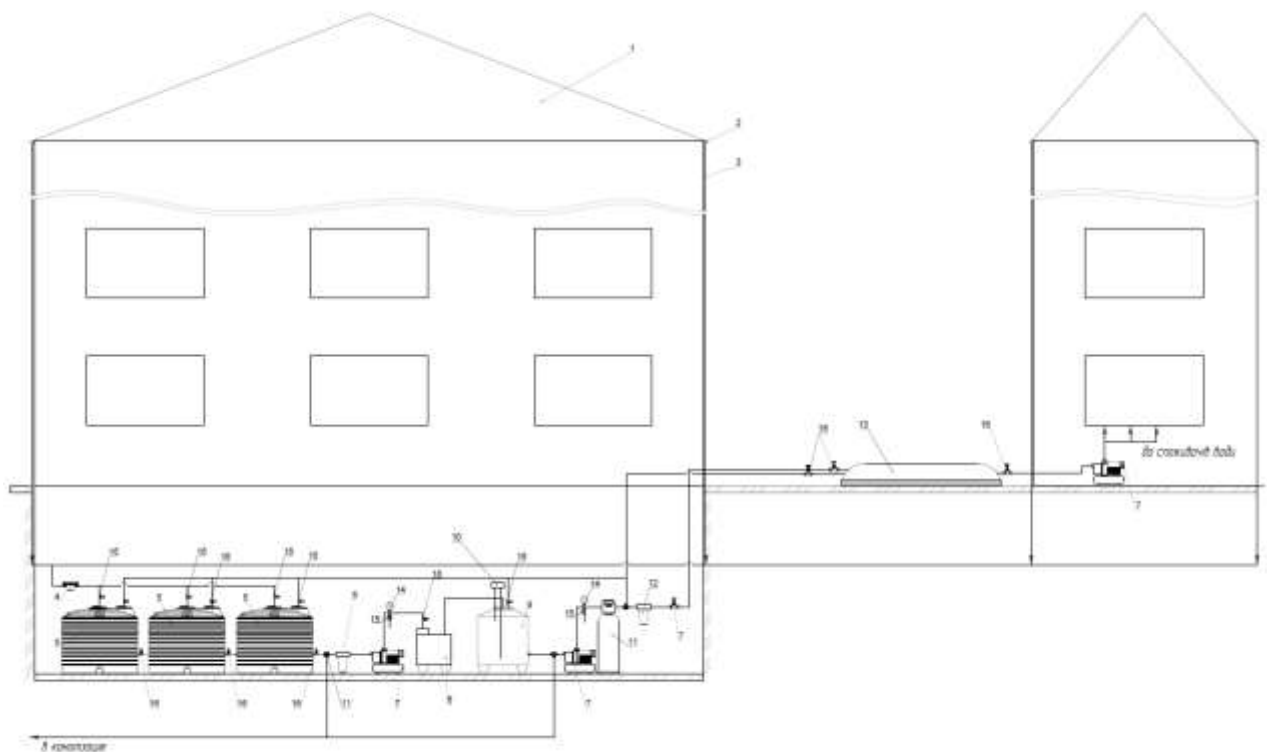
де D_{ax} – необхідне дозування гіпохлориту натрію, л/год;

q – витрати води, м³/ГОД;

$K_{Fe}, K_{Mn}, K_{H_2S}, K_{PMO}$ - витрати активного хлору, відповідно, на окиснення 1 мг заліза, марганцю, сірководню, перманганатної окиснюваності за табличними даними [69], мг/дм³;

$Fe^{2+}, Mn^{2+}, H_2S, PMO$ - концентрації у воді заліза, марганцю, сірководню, перманганатної окисності, мг/дм³;

D_{zn} – доза гіпохлориту натрію, необхідна для знезаражування води (зменшення органічних речовин), приймається в межах (0,5...1) мг/дм³ [69].



1 -
дах будівлі; 2 – жолоби; 3 - водостічні труби; 4 - фільтр грубої фільтрації дощової води; 5 - накопичувальні резервуари для дощової води; 6 - фільтр тонкої фільтрації дощової води; 7 - насосна станція; 8 - система приготування і дозування NaOCl; 9 - контактна ємність; 10 - реле рівня з датчиком; 11 - механічний фільтр; 12 - картриджний сорбційний фільтр; 13 - гнучка накопичувальна ємність для підготовленої води; 14 – манометр; 15 – пробовідбірник; 16 – вентиль; 17 - пристрій для першого змиву з дахів дощової води

Рисунок 3.16 – Апаратурно-технологічна схема збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів ОНТУ

В проекті необхідне дозування гіпохлориту натрію визначено для умов, коли відомими є значення перманганатної окиснюваності води. Вміст двох валентного заліза, марганцю та сірководню в дощовій воді в експерименті не визначали. Тому:

$$D_{ax} = 2 \cdot (18,1 \cdot 13 + 1) = 472,6 \text{ мл/год} = 0,5 \text{ л/год}$$

Масу робочого розчину, який слід приготувати, визначено за рівнянням:

$$m_p = V_p \cdot \rho \quad (3.6)$$

де m_p – маса робочого розчину, кг;

V_p – необхідний робочий об'єм ГХН, м³. В проекті він становить 50 л або 0,05 м³;

ρ – густина робочого водного розчину гіпохлориту натрію. Для 1%-ного розчину гіпохлориту натрію вона становить 1020 кг/м³ [69].

$$m_p = 0,05 \cdot 1020 = 51 \text{ кг.}$$

Кількість хлору, що знаходиться в розчині концентрацією 1% розраховано за рівнянням[69]:

$$n_{Cl} = \frac{m_p \cdot \alpha_1}{100} \quad (3.7)$$

де α_1 – концентрація робочого розчину [69].

$$n_{Cl} = \frac{51 \cdot 1}{100} = 0,51 \text{ кг.}$$

Масу товарного розчину гіпохлориту натрію розраховано за рівнянням [69]:

$$m_{ГХН} = \frac{n_{Cl} \cdot 100}{\alpha_n} \quad (3.8)$$

де $m_{ГХН}$ – маса товарного розчину гіпохлориту натрію, кг;

α_n – вміст активного хлору у товарному розчині гіпохлориту натрію, %.

$$m_{ГХН} = 0,51 \cdot \frac{100}{19} = 2,68 \text{ кг.}$$

Об'єм необхідного товарного розчину гіпохлориту натрію розраховано за рівнянням [69]:

$$V_{ГХН} = \frac{m_{ГХН}}{\rho_{вих}}, \quad (3.9)$$

де $V_{ГХН}$ – об'єм необхідного розчину товарного розчину гіпохлориту натрію, м³;

$\rho_{вих}$ – густина розчину при $C_{NaClO} = 190 \text{ г/дм}^3$, в кг/м³. Вона становить 1260 кг/м³ [69].

$$V_{ГХН} = 2,68/1260 = 0,00213 \text{ м}^3 = 2,13 \text{ л.}$$

Разовий об'єм води для приготування робочого розчину гіпохлориту натрію в ємності об'ємом 50 л становитиме: $50 - 2,13 = 47,87$ л. Добові витрати товарного розчину гіпохлориту натрію з урахуванням шестигодинного графіку роботи системи очищення води становитиме: $2,13 \cdot 6 = 12,78$ л. Добові витрати води на приготування робочого розчину реагенту становитимуть: $47,87 \cdot 6 = 287,2$ л. Треба передбачити в технології відбір підготовленої води в зазначеній кількості для приготування робочого розчину реагенту.

3.7 Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації системи очищення дощової води

Для ефективної роботи системи очищення води важливо, що при її експлуатації дотримувалися санітарно-гігієнічних вимог. Це досягається при правильно організованих режимах мийки і дезінфекції технологічного обладнання, а також при правильно підібраних дезінфектантах. Режим мийки - це періодичність і тривалість мийки, концентрація і температура розчину реагенту, спосіб мийки.

В проекті пропонується, що мийка ємностей накопичувальних, контактних, для приготування реагентів буде здійснюватися вручну. Фільтр грубої очистки також буде очищуватися і митися вручну. А ось фільтр тонкого очищення і механічний фільтр із зернистим завантаженням будуть митися циркулюючою в системі в зворотному напрямку водою, а їх дезінфекція буде проводитися за рахунок циркулюючого в системі розчину реагенту.

В якості реагентів для приготування робочих розчинів для мийки і дезінфекції запропоновано використовувати гіпохлорит натрію. В запропонованій технології очищення дощової води він використовується як знезаражуючий реагент. Тому все необхідне обладнання для приготування робочого розчину реагенту і його дозування у воду вже є. Відповідно, не треба додатково закуповувати устаткування.

Гіпохлорит натрію є сучасним, ефективним, економічно вигідним реагентом. В Україні є виробництво такого реагенту. Гіпохлорит натрію є хлорвмісним

лужним реагентом, і саме тому він є ефективним миючим і дезінфікуючим засобом по відношенню до органічних речовин, мікроорганізмів, залишків мастильних матеріалів, тобто тих домішок, що в значній кількості присутні у дощовій воді. При контакті такої води з трубопроводами, емностями, фільтруючим завантаженням є ризики забруднення їх такими домішками, розвитку колоній мікроорганізмів та погіршення якості води.

Перевагою розчинів гіпохлориту є те, що їх миюча і дезінфікуюча властивість не залежить від температури. Тому робочі розчини реагенту не треба підігрівати перед використанням. А це позитивно відобразиться на експлуатаційних витратах.

Концентрація активного хлору при мийці і дезінфекції технологічного обладнання і поверхонь приміщення, де буде розміщена система очищення води повинна становити (50 – 100) мг/дм³ (5-10 % розчин). рН водного розчину гіпохлориту натрію в залежності від концентрації реагенту в розчині може змінюватися в межах від 4 до 10,5 од. рН. Для нашого випадку краще, щоб розчин мав рН, характерний для лужного середовища.

Режим мийки і дезінфекції пропонується наступний: 1 раз на тиждень мийка і дезінфекція всього обладнання. Мийка і дезінфекція приміщень – щодня. Разом з тим, в процесі експлуатації системи очищення води режим мийки і дезінфекції треба буде обов'язково скоректувати. Для цього треба буде в процесі експлуатації системи зробити дослідження якості води до і після мийки і дезінфекції обладнання при зазначених в даному пункті умовах. Якщо санітарно-гігієнічні умови не будуть задовільними, треба змінити режим мийки, або вибрати інші реагенти чи концентрацію розчину вибраного реагенту.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ РОБОЧИХ ТА СЛУЖБОВЦІВ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи з охорони праці при експлуатації системи збору і очищення дощової води

При експлуатації системи збору, очищення і використання дощової води в приміщеннях, де буде розміщене технологічне обладнання для працівників, що обслуговуватимуть цю систему небезпечними можуть бути наступні фактори:

- несправність електричної проводки та розподільчого щитка. Це може призвести до ураження електричним струмом;

- пошкодження обладнання. Наслідком цього можуть бути механічні травми;

- поломка регулюючих та запірних пристроїв (вентилів, кранів) на трубопроводах подачі дощової води на технологічне обладнання і подачі підготовленої води споживачу. Адже витік води на підлогу стане причиною вологої і слизької поверхні, на якій працівник може послизнутися, впасти і травмуватися. Крім того потрапляння води на електроприлади небезпечне, оскільки створюються умови для ураження електричним струмом;

- потрапляння механічних часток в робоче колесо відцентрового насосу. Наслідком може бути поломка обладнання і механічні травми у обслуговуючого персоналу;

- накопичення (за відсутності вентилявання) токсичних хлорвмісних випарів в приміщенні з системою приготування і дозування розчину гіпохлориту натрію у воду. Наслідком може бути отруєння людей.

З метою захисту працівників від ушкоджень, з метою запобігання небезпечних аварійних ситуацій при експлуатації системи збору, очищення і використання дощової води в проекті запропоновані наступні заходи з охорони праці. А саме заходи щодо захисту персоналу від травмування:

1. Ознайомлення працівників, що обслуговуватимуть систему збору і очищення дощової води з правилами в галузі охорони праці і пожежної безпеки.

2. Забезпечення працівників всіма діючими нормативними документами в галузі охорони праці і пожежної безпеки.

3. Підвищення якості навчання і інструктажу з техніки безпеки працюючих. Виключення випадків допуску до роботи ненавчених і не проінструктованих робітників.

6. Підвищення відповідальності як обслуговуючого персоналу за дотриманням виробничої дисципліни і вимог усіх нормативних документів в області охорони праці і пожежної безпеки.

4. Забезпечення проведення трьох ступеневого оперативного контролю за станом і утриманням системи збору дощової води і технологічного обладнання для її очищення у строгій відповідності з чинними положеннями. Виключення випадків допуску в експлуатацію несправних пристроїв, ємностей, апаратів і установок та таких, що не відповідають діючим нормативним документам.

5. Забезпечення працюючих ефективними засобами індивідуального захисту в строгій відповідності зі специфікою виробничих процесів.

Контроль за виконанням правил техніки безпеки і охорони праці виконує інженер з техніки безпеки в ОНТУ.

Вимоги безпеки в цеху водопідготовки:

- До роботи допускаються лише підготовлені працівники, які мають відповідну кваліфікацію, досконало вивчили інструкції з охорони праці, регламент роботи системи збору, очищення і використання зібраної з дахів будівель ОНТУ дощової води, правила і приписи щодо безпечних способів роботи та дану інструкцію.

Працівник повинен:

- знати і виконувати вимоги «Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в ОНТУ» [78];

- дбати про особисту безпеку та безпеку оточуючих працівників;

- при виявленні несправностей повідомити головного інженера ОНТУ про неполадки;
- особисто вживати посильних заходів щодо усунення небезпечної виробничої ситуації.

В залежності від групи кваліфікації розроблені завдання і обов'язки працівників, що обслуговуватимуть систему збору, очищення і використання дощової води, а також перелік питань, які вони повинні знати, щоб система працювала безперебійно і ефективно (табл.4.1). При розробці цих завдань і обов'язків, а також переліку питань користувалися зразком [79].

Таблиця 4.1 – Завдання, обов'язки і обсяг знань працівників різних кваліфікацій

Група кваліфікації	Завдання та обов'язки	Повинен знати	Кваліфікаційні вимоги
III група кваліфікації	Обслуговує ділянку збору дощової води, проводить режим збору дощової води в накопичувальні ємності. Обслуговує ділянку зберігання, приготування і дозування розчину реагенту у воду.	Будову і принцип роботи жолобів, лотків, до стічних труб, дренажної системи. Устаткування реагентного господарства, схеми закачування реагентів. Сутність процесів грубої фільтрації води, приготування робочих розчинів гіпохлориту натрію. Якість дощової води. Будову й принцип роботи насосів-дозаторів; методики органолептичного і фізико-хімічного аналізу якості дощової води; будову і принцип роботи приладів для здійснення контролю якості води (рН-метр, фотоелектрокалориметр, сушильна шафа, ваги, термометр); основи загальної хімії в обсязі програми загальної середньої школи.	Повна загальна середня освіта та професійно-технічна освіта або повна загальна середня освіта та професійна підготовка на виробництві, без вимог до стажу роботи.
IV група кваліфікації	Обслуговує ділянку зберігання, приготування і дозування розчину реагенту. Обслуговує установки й веде режим збору води в накопичувальні резервуари. Обслуговує і веде режим	Будову і принцип роботи устаткування реагентного господарства, схеми дозування робочих розчинів реагентів, схеми дренажного господарства; сутність процесів механічної фільтрації, окиснення і знезараження води, адсорбції; приготування робочих розчинів гіпохлориту натрію; якість підготовленої технічної води; будову й принцип роботи механічних фільтрів, насосної станції для води, картриджних сорбційних фільтрів, насосів-дозаторів; методики органолептичного і фізико-хімічного аналізу якості води; будову і принцип роботи приладів для здійснення контролю якості води (рН-метр,	Професійно-технічна освіта. Підвищення кваліфікації та стаж роботи за професією оператора водопідготовки і III групи кваліфікації — не менше 1 року.

Група кваліфікації	Завдання та обов'язки	Повинен знати	Кваліфікаційні вимоги
	очищення дощової води.	фотоелектрокалориметр, сушильна шафа, ваги, термометр); основи загальної хімії в обсязі програми загальної середньої школи.	
V група кваліфікації	Обслуговує ділянку зберігання, приготування і дозування розчину реагенту. Обслуговує установки й веде режим збору води в накопичувальні резервуари. Обслуговує і веде режим очищення дощової води. Обслуговує систему заповнення підготовленою водою гнучкого резервуару та подачу технічної води до споживачів води. Здійснює мийку і дезінфекцію технологічного обладнання. Робить хімічні і органолептичні аналізи води.	Будову і принцип роботи устаткування реагентного господарства, схеми дозування розчину реагенту, схеми збору і накопичення дощової води, схеми очищення дощової води, схему накопичення технічної води і подачі її споживачу; систему зворотного промивання механічних фільтрів; схему дренажного господарства; сутність процесів механічної фільтрації, окиснення домішок води, знезараження води, адсорбції, мийки і дезінфекції технологічного обладнання і приміщень; приготування і дозування робочих розчинів гіпохлориту натрію у воду; якість дощової і підготовленої технічної води; будову й принцип роботи механічних фільтрів, насосної станції для води, картриджних сорбційних фільтрів, насосів-дозаторів; методики визначення органолептичних і фізико-хімічних показників якості води; будову і принцип роботи приладів для здійснення контролю якості води (рН-метр, фотоелектрокалориметр, сушильна шафа, ваги, термометр); основи загальної хімії в обсязі програми загальної середньої школи.	Професійно-технічна освіта. Підвищення кваліфікації та стаж роботи за професією оператора системи очищення води IV групи кваліфікації — не менше 1 року.

4.2 Цивільний захист робочих та службовців у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація – обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією,

пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності [80].

Основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій в Україні є надзвичайне техногенне навантаження території; значний моральний та фізичний знос основних виробничих фондів більшості підприємств України; погіршення матеріально-технічного забезпечення, зниження виробничої і технологічної дисципліни; незадовільний стан збереження, утилізації та захоронення високотоксичних, радіоактивних та побутових відходів; ігнорування економічних факторів, вимог, стандартів; недостатня увага керівників відповідних органів державного управління до проведення комплексу заходів, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям природного і техногенного характеру та зниження їх наслідків; відсутність сучасних систем управління небезпечними процесами; низька професійна підготовка персоналу та населення до дій в екстремальних умовах; дефіцит кваліфікованих кадрів; низький рівень застосування прогресивних ресурсозберігаючих і екологічнобезпечних технологій [80].

Для забезпечення безпеки людини в НС управління повинне включати здійснення 3-х стратегій: запобігання причин виникнення; запобігання самих НС; пом'якшення, максимальне ослаблення наслідків НС. Стратегія запобігання причин виникнення НС здійснюється або відмовою від будівництва небезпечних об'єктів, або знищенням чи перепрофілюванням виробництв – джерел підвищеної небезпеки. Стратегія запобігання самих НС – передбачає недопущення виходу небезпечного процесу з-під контролю шляхом використання надійних аварійних систем, сигналізації, автоматики й інших заходів з підвищення надійності і стійкості роботи підприємств, а також шляхом заходів превентивної евакуації тощо. Третя стратегія — пом'якшення, максимальне ослаблення наслідків НС –

передбачає орієнтацію на ослаблення, локалізацію наслідків НС. Ця стратегія має пріоритет у керуванні стихійними лихами і ситуаціями «комбінованого» типу. У практиці управління найбільший ефект дає спільне використання всіх трьох стратегій, особливо при промислових аваріях. У НС, викликаних стихійними лихами, пріоритет надається другій і третій стратегіям. Для реалізації кожної зі стратегій управління необхідно розробляти і приймати комплекс превентивних та оперативних заходів [80].

Превентивні заходи: аналіз і встановлення зовнішніх та внутрішніх причин, які ведуть до НС; прогнозування осередків ураження, втрат і збитків на підприємстві; заходи з підвищення стійкості; обґрунтування сил і засобів для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт; навчання формувань і робітників діям у НС; підготовка надійного командного пункту управління [80].

Оперативні заходи: оповіщення про НС; проведення всіх видів розвідки й оцінка обстановки; проведення екстрених захисних заходів (укриття, евакуація, використання засобів індивідуального захисту); використання сил постійної готовності для локалізації НС; надання першої медичної допомоги; нарощування сил і засобів за рахунок залучення формувань підвищеної готовності; забезпечення життєдіяльності потерпілих; введення аварійно-відновлювальних робіт [80].

4.3 Охорона навколишнього середовища

Наказом ректора ОНТУ має бути призначений працівник, що відповідатиме за розробку і погодження зі структурними підрозділами органів виконавчої влади питань охорони навколишнього природного середовища, питань з охорони здоров'я, гранично допустимих лімітів скидів і викидів з кожного випуску стічних вод і з кожного джерела викидів в атмосферу, лімітів на ці скиди, викиди, а також за підготовку матеріалів для одержання дозволу на спецводокористування [81].

У разі необхідності вивезення осадів чи інших відходів на звалища необхідно заздалегідь одержати дозвіл на здійснення операцій у сфері поводження з відходами структурних підрозділів у органів виконавчої влади, органів охорони

здоров'я, органів охорони навколишнього природного середовища і власника звалища [81].

Компетентні інженерно-технічні працівники від ОНТУ під керівництвом відповідальної особи повинні: зібрати необхідні дані для одержання дозволу на спецводокористування і для розрахунку гранично допустимих скидів, викидів та лімітів; виконати необхідні розрахунки за діючими методиками; оформити за встановленими центральним органом виконавчої влади формами необхідні документи, вчасно представити в структурні підрозділи органів виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища і погодити їх. Для виконання цих робіт можуть бути залучені на договірних умовах спеціалізовані науково-дослідні інститути та підприємства [81].

Затверджені на наступний рік ліміти на скиди, викиди забруднюючих речовин структурні підрозділи органів виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища доводять до виробників до 01 липня поточного року. Згідно з чинним законодавством виробники повинні сплачувати до позабюджетних фондів охорони навколишнього природного середовища платежі за забруднення поверхневих вод, повітря і земель викидами та скидами забруднюючих речовин [81].

Наказом ректора ОНТУ повинні бути визначені працівники, відповідальні за вчасне (до 5 числа наступного місяця) представлення розрахунків величини скидів, викидів, що мали місце протягом минулого місяця (з виділенням величини понадлімітних скидів, викидів), та величини сплати екологічного податку згідно з вимогами розділу VIII Податкового кодексу України [81].

Між призначеними відповідальними працівниками, керівником і головним бухгалтером виробника має бути організована чітка взаємодія, щоб не допустити прострочення цих обов'язкових загальнодержавних платежів і нарахування пені. Під час виконання вказаних вище розрахунків персонал повинен керуватися Інструкцією про платежі за забруднення навколишнього природного середовища комунальними та відомчими водопроводами та каналізаціями населених пунктів

України, затвердженою Мінжитлокомунгоспом, та методичними матеріалами, затвердженими Мінекобезпеки України [81].

Наказом ректора ОНТУ повинні бути призначені працівники, відповідальні за збір і збереження цих даних, а також їх обробку і узагальнення. Працівники, відповідальні за моніторинг, повинні бути готові оперативно надавати інформацію про якість води і стічних вод на запит Мінжитлокомунгоспу та інших органів державної виконавчої [81].

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Метою даного інвестиційного проекту є створення технології збору дощової води з дахів ОНТУ, її очищення та використання для власного технічного водопостачання. Сьогодні для зазначених потреб в ОНТУ використовується питна вода із міського водопроводу. Слід зазначити, що питна вода в ОНТУ крім задоволення питних потреб та приготування їжі для студентів і викладачів, прийняття душу в гуртожитках використовується для змиву в туалетах, для миття підлоги в аудиторіях, кабінетах, коридорах та житлових приміщеннях гуртожитків для поливу зелених насаджень та площадок прилеглої до будівель університету території, для виконання ремонтних робіт, мийки автотранспорту тощо. В той же час відомо, що для половин потреб у воді питна вода може бути замінена водою технічної якості.

Значні обсяги водопостачання для внутрішніх потреб ОНТУ і відповідного обсяги водовідведення стічних вод, в тому числі і дощових, потребують значних економічних витрат. В табл.5.1 наведена інформація стосовно цього питання, надана господарським відділом ОНТУ.

Таблиця 5.1 – Витрати на водопостачання ОНТУ і водовідведення стічних вод (дані 2019 року)

Об'єкт	Адреса	Водопостачання		Водовідведення	
		обсяги, м ³ /рік	витрати, грн/рік	обсяги, м ³ /рік	витрати, грн/рік
Навчальні корпуси ОНТУ	м. Одеса, вул. Канатна, 112	20 123	237 853,86	20 123	203 805,74
Гуртожиток № 4	м. Одеса, вул. Канатна, 106	16 477	194 758,14	16 477	166 879,06
Гуртожиток № 5	м. Одеса, вул. Канатна, 104	7 376	87 184,32	7 376	74 704,13
Дощові стічні води з території ОНТУ		0	0	25 237	190 926,70

Впровадження проекту дозволить зменшити економічні витрати на питну воду за рахунок використання для технічних потреб не питної, а очищеної дощової води. Крім того, впровадження проекту дозволить зменшити витрати на відведення в міську каналізацію дощової води.

Попередніми розрахунками визначено (розділ 3), що середньомісячний об'єм дощової води, який можна зібрати з дахів будівель ОНТУ, розміщених на вул. Канатній 112, 104 та 106 складає 366,7 м³ за місяць. В розділі 3 було показано, що зібраної і очищеної дощової води буде достатньо, щоб покрити потребу у воді технічної якості для потреб гуртожитку № 5.

Визначення обсягу збору і очищення дощової води в натуральному виразі. В проекті прийнято, що збір і очищення дощової води з будівель ОНТУ, а також її використання буде здійснюватися протягом року. В період канікул, коли студентів в гуртожитку № 5 буде мало і обсяги в технічному водопостачанні гуртожитка знизяться, накопичену дощову воду можна перенаправити для використання в навчальні корпуси навчального закладу. Наприклад в корпус А, де в літній період здійснюється прийом абітурієнтів, працює адміністрація, деканати, приймальна комісія, бухгалтерія, відділ кадрів, бібліотека.

Обсяг збору і очищення дощової води в натуральному виразі складе:

$$V_{\text{рік}} = V_{\text{міс}} \cdot T, \quad (5.1)$$

де $V_{\text{міс}}$ – обсяг збору і очищення дощової води за місяць, м³;

T – кількість робочих місяців на рік.

Розраховано, що $V_{\text{рік}} = 366,7 \cdot 12 = 4\,400,4 \text{ м}^3$.

Визначення додаткових витрат підприємства на сировину та допоміжні матеріали. Витрати на сировину та допоміжні матеріали в даному проекті не передбачено, так як обсяги атмосферних опадів від нас не залежать.

Визначення додаткових витрат підприємства на заробітну плату. Проектом не передбачено прийняття на роботу додаткових працівників на повну ставку. Обслуговувати може бажаний із наявних в ОНТУ працівників, який здобуде необхідний обсяг знань і кваліфікацію. Планується йому ввести щомісячну доплату у розмірі 2 900 грн. Додаткові річні витрати на оплату праці та єдиний соціальний внесок наведені в табл.5.2.

Визначення додаткових витрат ОНТУ на електроенергію. Витрати на електроенергію при експлуатації системи збору і очищення дощової води розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{сл.}} = \sum(\tau \cdot \eta) \cdot T, \quad (5.2)$$

де τ – кількість годин роботи системи збору і очищення дощової води, год;

η – паспортна потужність електродвигуна насосної системи для води, кВт;

T – тариф за електроенергію. Приймаємо рівним 6,516 грн/кВт·год.

Таблиця 5.2 – Річні витрати на оплату праці та єдиний соціальний внесок

Робітники	Місячний оклад, грн.	Трудовісткість проведених робіт, місяців	Оплата праці, грн.
Робітник ділянки зі збору і очищення дощової води	2 900	12	34 800
Всього:		34 800	
Єдиний соціальний внесок (22 %) від ЗП		7 656	
Всього:		42456	

Витрати на електроенергію нової системи підготовки води технічної якості представлені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Додаткові витрати на електроенергію протягом одного року

Найменування обладнання	Потужність електродвигуна, кВт	Тривалість експлуатації обладнання, год	Витрата електроенергії, кВт·год
Накопичувальна ємність поліетиленова стаціонарна для дощової води, ПП «ЄВРО ПЛАСТ» Україна	0	2160	0
Фільтр для грубого очищення дощової води, D400 AQ, Україна	0	2160	
Фільтр тонкого очищення BWT PROTECTOR MINI ¾" CR, BWT, Німеччина	0	2160	0
Контактна ємність поліетиленова стаціонарна, ТМ EURO PLAST, Україна	0	2160	0
Станція приготування і дозування гіпохлориту натрію, SEKO S.P.A., Італія	0	2160	0
Механічний фільтр Ecosoft FP 1665CT, Ecosoft, Україна	0	2160	0
Картриджний сорбційний фільтр Ecosoft, Україна	0	2160	0
Гнучкий резервуар для технічної води, Теплоснаб, Україна	0	2160	0
Насосна станція DAB AQUAJET-INOX 102 M – G для води, Dab, Італія	0,75·3 (в системі три насосні станції)	2160	4 860
Всього:			4 860

Тривалість експлуатації розрахована для умов, що система збору дощової

води, її очищення і використання буде працювати щодня по 6 годин без вихідних, тобто $30 \cdot 6 \cdot 12 = 2160$.

З врахуванням даних табл. 5.3 розраховано економічні витрати на електроенергію:

$$V_{\text{ел.}} = 1620 \cdot 6,516 = 31\,667,76 \text{ грн.}$$

Визначення розміру амортизаційних відрахувань за додатково придбане обладнання. Прийнято, що амортизація обладнання буде нараховуватися за прямолінійним методом. Мінімально допустимі строки корисного використання машин та обладнання згідно п. 138.3.3 Податкового кодексу України становлять 5 років. З рахуванням цих даних визначено норми амортизаційних відрахувань. Вони наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Витрати на придбання обладнання та амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Кількість, шт	Вартість, грн/шт	Балансова вартість, грн.	Норма відрахування, %	Відрахування на амортизацію, грн
Накопичувальна емність поліетиленова стаціонарна для дощової води, ПП «СВРО ПЛАСТ» Україна	6	44 373	266 238	0,02	5 324,76
Фільтр для грубого очищення дощової води, D400 AQ, Україна	1	3 054	3 054	0,1	305,4
Фільтр тонкого очищення BWT PROTECTOR MINI ¾" CR, BWT, Німеччина	1	2 406	2 406	0,1	240,6
Контактна емність поліетиленова стаціонарна, ТМ EURO PLAST, Україна	2	9 723	19 446	0,1	1 944,6
Станція приготування і дозування гіпохлориту натрію, SEKO S.P.A., Італія	1	24 765	24 765	0,1	2 476,5
Механічний фільтр Ecosoft FP 1665CT, Ecosoft, Україна	1	30 380	30 380	0,1	3 038
Картриджний сорбційний фільтр Ecosoft, Україна	1	3 686	3 686	0,1	368,6
Гнучкий резервуар для технічної води, Теплоснаб, Україна	1	21 945	21 945	0,1	
Насосна станція DAB AQUAJET-INOX 102 M – G для води, Dab, Італія	3	7 529	22 587	0,1	2 258,7
Всього:			394 507		15 957

Визначення розміру інших витрат. Інші витрати становлять 10 % від суми попередньо розрахованих витрат:

$$V_{\text{ін}} = (V_{\text{сировина}} + V_{\text{паливо}} + V_{\text{зп}} + V_{\text{соц.}} + V_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (5.3)$$

Розраховані інші витрати: $V_{\text{ін}} = (0 + 31667,76 + 42\,456 + 15\,957) \cdot 0,1 = 9008,08$ грн.

Визначення розміру накладних витрат. Накладні витрати складають 10 % від суми витрат з урахуванням інших витрат:

$$V_{\text{накл}} = (V_{\text{сировина}} + V_{\text{паливо}} + V_{\text{зп}} + V_{\text{соц.}} + V_{\text{ам}} + V_{\text{ін}}) \cdot 0,1 \quad (5.4)$$

Розраховані накладні витрати:

$$V_{\text{накл}} = (0 + 31667,76 + 42\,456 + 15\,957 + 9008,08) \cdot 0,1 = 9\,908,85 \text{ грн}$$

Загальний кошторис витрат на систему збору і очищення дощової води для ОНТУ наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на систему збору і очищення дощової води для ОНТУ

№ з/п	Найменування статей витрат	Сума витрат, грн.
1	Сировина та матеріали	0
2	Паливо та енергія	31667,76
3	Заробітна плата	34 800
4	Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок)	7 656
5	Амортизаційні відрахування	15 957
6	Інші витрати	9 008,08
7	Накладні витрати	9 908,85
	Всього:	108 998,16

Собівартість обробки 4400,4 м³ води – 108 998,16 грн.

Собівартість обробки 1 м³ води – 24,77 грн.

Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг від 22 грудня 2021 року №2841 з 1 січня 2022 року встановлено тарифи на централізоване водопостачання та централізоване водовідведення для споживачів філії «Інфоксводоканал» ТОВ «Інфокс»: на централізоване водопостачання для інших осіб (у тому числі юридичним особам і населенню, яке проживає у приватному секторі та у багатоквартирних будинках – 14,93 грн за 1 м³ без ПДВ (17,916 грн за 1 м³ з ПДВ);

на централізоване водовідведення для інших споживачів (у тому числі юридичним особам і населенню, яке проживає у приватному секторі та у багатоквартирних будинках) – 14,37 грн за 1 м³ без ПДВ (17,244 грн за 1 м³ з ПДВ); на централізоване водопостачання дощової води у міську каналізаційну мережу – 7,57 грн за 1 м³ з ПДВ [7 - 9].

Враховуючи зношеність систем водопостачання і водовідведення, закупівлю реагентів і необхідного обладнання за кордоном, подорожчання електроенергії, розруху інфраструктури водоканалів із-за війни в Україні в 2022 році Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг ініціювала перегляд тарифів і їх підвищення. В 2023 році вже мало відбутися підвищення тарифу на водопостачання і водовідведення на (30 – 32) %. Але прийняття цього рішення було відхилене на рівні керівництва країною. Причиною називають здороження електроенергії і неготовність українського споживача платити за підвищеними тарифам ще і за воду в умовах війни. Але скоріш за все ситуація зміниться і тарифи вже наступного року зростуть. Адже сьогодні в Україні середній тариф за водопостачання і водовідведення знаходиться в межах (0,8 – 1) євро/м³. В Європі та інших країнах світу такий тариф становить від 3 до 6 євро/м³ [82].

Якщо для технічних потреб використовувати питну воду із мережі централізованого водопостачання, а не очищену дощову, зібрану з дахів, то витрати на водопостачання і водовідведення води в обсязі 4400,4 м³/рік за діючими тарифами ще 2021 року, а також витрати на водовідведення дощової води з дахів будівель в такій же самій кількості в міську каналізацію становитимуть:

$$E_1 = 4400,4 \cdot 17,916 + 4400,4 \cdot 17,244 + 4400,4 \cdot 7,57 = 78\,837,57 + 75\,880,50 + 33\,311,03 = 188\,029,1 \text{ грн.}$$

Витрати на водопостачання і водовідведення питної води при умові збільшення тарифів на 30 %: $E_2 = 244\,437,83$ грн.

Розрахунок прибутку за рік:

$$\Delta \Pi_1 = E_1 - \Delta C = 188\,029,1 - 108\,998,16 = 79\,030,94 \text{ грн} \quad (5.5)$$

$$\Delta \Pi_2 = E_2 - \Delta C = 244\,437,83 - 108\,998,16 = 135\,439,67 \text{ грн.}$$

Визначення інноваційного бюджету і інвестицій у виробництво.

Наступним етапом розрахунків в економічній частині проекту було визначення витрат на проведення дослідів в науково-дослідній лабораторії ОНТУ «Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв».

Розмір інвестицій розраховували за рівнянням:

$$I = I_{\text{ін}} + I_{\text{пр}}, \quad (5.6)$$

де $I_{\text{ін}}$ - інноваційний бюджет;

$I_{\text{пр}}$ - інвестиції в виробництво для впровадження результатів НДР.

Витрати інноваційного бюджету:

$$I_{\text{ін}} = C_{\text{ндр}} + V_{\text{конц.}} + V_{\text{екс}} + V_{\text{пат}}, \quad (5.7)$$

де $V_{\text{конц.}}$ – витрати на формування концепції проекту (30 % от $C_{\text{ндр}}$);

$C_{\text{ндр}}$ - ціна НДР;

$V_{\text{екс}}$ - витрати на експериментальне дослідження (50 % от $C_{\text{ндр}}$);

$V_{\text{пат}}$ – витрати на патентування (10 % от $C_{\text{ндр}}$).

Основою інноваційного бюджету є $C_{\text{ндр}}$.

Ціну НДР визначали за рівнянням:

$$C_{\text{ндр}} = V_{\text{ндр}} + \Pi + \text{ПДВ}, \quad (5.8)$$

де $V_{\text{ндр}}$ - витрати на проведення НДР;

Π - прибуток від НДР;

ПДВ – податок на додану вартість.

$V_{\text{ндр}}$ визначали на основі витрат на проведення НДР. Ці витрати складаються із наступних статей витрат: матеріали, паливо та енергія, заробітна плата (основна і додаткова), відрахування на соціальні заходи, амортизаційні відрахування, інші і накладні витрати.

Витрати на сировину для проведення дослідів визначали виходячи із необхідних матеріалів для проведення дослідів (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Вартість сировини для досліджень

Вид сировини	Всього витрат	Ціна за 1 кг/л/шт	Загальна вартість, грн
Відсутні витрати			

Далі враховували витрати на допоміжні матеріали і вартість канцелярських товарів. Канцелярія - 20 грн.

Витрати на допоміжні матеріали:

Вода дистильована – 5 л · 7,6грн/л = 38 грн

Реактиви – 73 грн.

Загальні затрати на сировину і допоміжні матеріали для проведення дослідів:

$$V_{\text{заг}} = 73+38+20+0 = 131 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію. Витрати на електроенергію, необхідну для роботи лабораторного обладнання, розраховані за рівнянням:

$$V_{\text{ел}} = \Sigma (\tau \cdot \eta) \cdot T, \quad (5.9)$$

де τ – кількість годин роботи лабораторного обладнання, год;

η – енергоспоживання обладнання, кВт;

T - тариф на електроенергію, грн / кВт·год.

Результати розрахунку витрат на електроенергію наведено в табл.5.7.

Таблиця 6.7 - Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Енергоспоживання обладнання, кВт	Час експлуатації обладнання, год.	Витрати електроенергії, кВт·год
Ваги електричні PS 750	0,02	0,5	0,01
Сушильна шафа СНОЛ	1,6	2	3,2
Всього			3,21

Розраховані витрати на електроенергію:

$$V_{\text{ел}} = 3,21 \cdot 6,516 = 20,92 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату. При розрахунку цих витрат враховано заробітні плати учасників НДР: студента-дослідника, керівника і консультанта роботи, лаборанта. Розрахунок витрат на заробітну плату наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 - Витрати на зарплату учасників НДР

Учасники НДР	Місячний оклад, грн	Трудоємкість проведених робіт, міс	Ступінь участі, %	Оплата праці за НДР, грн
Студент-дослідник	6 500	3	80	15 600
Науковий керівник	13 000	4	10	5 200
Консультант	13 000	4	5	2 600

Лаборант	7 200	3	5	1 080
Всього				24 480
Єдиний соціальний внесок (22%)				5 386
Всього: зарплата відрахуваннями	3			29 866

Амортизаційні відрахування. Річна норма амортизації лабораторного обладнання становить 20 % від балансової вартості працюючого обладнання. Лабораторне обладнання використовували під час виконання НДР впродовж трьох місяців, тому норму амортизації зменшено в 4 рази (5 %, $20 \cdot 3/12$). Результати розрахунку амортизаційних відрахувань представлено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Норма відрахувань, %	Амортизаційні відрахування, грн
Ваги електричні PS 750	5 600	5	280
Сушильна шафа СНОЛ	21 000	5	1 050
Всього			1 330

Для розрахунків було прийнято, що на період проведення досліджень приміщення лабораторії було взято в оренду. Сумарна вартість орендних виплат становила 3000 грн. З врахуванням вище зазначеного загальні амортизаційні відрахування лабораторного обладнання і оренда:

$$V_{\text{ам}} = 1330 + 3\,000 = 4\,330 \text{ грн.}$$

Інші витрати. Інші витрати становлять 10 % від суми представлених вище витрат:

$$V_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (131 + 20,92 + 29\,866 + 4\,330) = 3\,435 \text{ грн.}$$

Накладні витрати становлять 10 % від суми витрати за попередніми шести статтями витрат:

$$V_{\text{накл}} = 0,1 \cdot (131 + 20,92 + 29\,866 + 4\,330 + 3\,435) = 3\,778 \text{ грн.}$$

Зведені витрати на проведення НДР представлені в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Кошторис витрат на проведення НДР

№ з/п	Найменування статті витрат	Сума витрат, грн
1	Сировина та матеріали	131
3	Паливо та енергія	20,92
4	Заробітна плата (основна і додаткова)	24 480
5	Відрахування на соціальні заходи	5 386
6	Амортизаційні відрахування	4 330

7	Інші витрати	3 435
8	Накладні витрати	3 778
Всього:		41 560

Ціну НДР розраховували за рівнянням 5.8, де:

$$\Pi = V_{\text{ндр}} \cdot 0,2 = 41\,560 \cdot 0,2 = 8\,312 \text{ грн}, \quad (5.10)$$

$$\text{НДС} = (V_{\text{ндр}} + \Pi) \cdot 0,2 = (41\,560 + 8\,312) \cdot 0,2 = 9\,975 \text{ грн}, \quad (5.11)$$

$$C_{\text{ндр}} = 41\,560 + 8\,312 + 9\,975 = 59\,847 \text{ грн.}$$

Інноваційний бюджет розраховували за рівнянням 5.7. При цьому витрати на патентування результатів експериментальних досліджень в даній роботі не планували, тобто $V_{\text{пат}} = 0$.

$$V_{\text{конц}} = 0,3 \cdot 59\,847 = 17\,954,1 \text{ грн},$$

$$V_{\text{екс}} = 0,5 \cdot 59\,847 = 29\,923,5 \text{ грн},$$

$$I_{\text{ін}} = 59\,847 + 17\,954,1 + 29\,923,5 = 107\,724,6 \text{ грн.}$$

Інвестиції для впровадження у виробництво розраховували за рівнянням:

$$I_{\text{вир}} = I_{\text{овф}} + I_{\text{ок}} + I_{\text{рек}}, \quad (5.12)$$

де $I_{\text{овф}}$ – інвестиції у ОВФ;

$I_{\text{ок}}$ – інвестиції у оборотні кошти (ОК);

$I_{\text{рек}}$ – інвестиції у стартову рекламу.

$$I_{\text{овф}} = I_{\text{буд}} + I_{\text{уст}}, \quad (5.13)$$

де $I_{\text{буд}}$ - інвестиції в будівництво ($I_{\text{буд}} = 0$);

$I_{\text{уст}}$ - інвестиції в устаткування.

Оскільки в проекті передбачено лише установку нового обладнання, то інвестиції в нього дорівнюють витратам на закупівлю нового устаткування:

$$I_{\text{уст}} = V_{\text{п.уст}}, \quad (5.14)$$

$$V_{\text{п.уст}} = 1,1 \cdot (V_{\text{уст}} + T_p + Z_c + M), \quad (5.15)$$

де $V_{\text{уст}}$ – вартість обладнання, яке треба встановити;

T_p – транспортні витрати на доставку. Приймали рівними 5 % від $V_{\text{уст}}$;

Z_c – заготівельно-складські витрати. Приймали рівними 2 % від $V_{\text{уст}}$;

M – витрати на монтаж. Приймали рівними 10 % від $V_{\text{уст}}$;

1,1 - коефіцієнт, що враховує витрати на тару, додаткові частини, витрати на комплектацію та інше.

В результаті впровадження результатів наукових досліджень, планується встановити технологічне обладнання, перелік якого і вартість наведено в табл. 5.4. З врахуванням даних табл. 5.4 визначили:

$$T_p = 394\,507 \cdot 0,05 = 19\,725 \text{ грн,}$$

$$B_c = 394\,507 \cdot 0,02 = 7\,890 \text{ грн,}$$

$$M = 394\,507 \cdot 0,1 = 39\,451 \text{ грн,}$$

$$B_{п.уст} = 1,1 \cdot (394\,507 + 19\,725 + 7\,890 + 39\,451) = 507\,731 \text{ грн.}$$

В роботі інвестиції у оборотні кошти не планували, оскільки відсутні витрати на сировину. Також не були передбачені інвестиції на рекламу.

Інноваційні витрати складають:

$$I = I_{ін} + I_{вир} = 77\,801 + 507\,731 = 585\,532 \text{ грн.}$$

Термін окупності розраховали для двох варіантів:

- прибуток розрахований з врахуванням тарифу чинного на водопостачання і водовідведення (затверджений в 2021 році):

$$I / \Delta\Pi_1 = 585\,532 / 79\,030,94 = 7,41 \text{ роки.}$$

- прибуток розрахований для умови зростання з 01.01.24 року тарифу на водопостачання і водовідведення на 30 %:

$$I / \Delta\Pi_2 = 585\,532 / 135\,439,67 = 4,32 \text{ роки.}$$

Виходячи з отриманих даних, можемо зробити висновок, що якщо в Україні в 2024 році тарифи на водопостачання і водовідведення зростуть на 30 % (а про це говорять фахівці галузі [82]), то термін окупності інвестицій в проект становитимуть 4,32 роки. За таких умов впровадження в ОНТУ системи збору дощової води з дахів будівель, її очищення і використання для власного технічного водопостачання, наприклад гуртожитка № 5 стає економічно виправданим і вигідним проектом.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. За результатами виконаного огляду джерел інформації за темою дослідження обґрунтована актуальність розробки для ОНТУ технології збору дощової води з дахів будівель навчального закладу, її очищення та використання для власного технічного водопостачання.

2. Виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження в ОНТУ такого проекту.

3. Проведені експериментальні дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ. Також виконано огляд літератури стосовно якості дощових вод за мікробіологічними показниками. Показано, що зібрана дощова вода забруднена органічними речовинами, залишками мастильних матеріалів, мікроорганізмами і потребує технологічного оброблення навіть для випадку подальшого її використання у якості технічної води.

4. Математична обробка отриманих експериментальних даних показала, що результати мають хорошу точність і є адекватними. А аналіз і узагальнення результатів експериментального дослідження дозволили визначити основні технологічні етапи оброблення зібраної дощової води.

5. Сформовані вимоги до якості підготовленої води для технічного водопостачання ОНТУ на основі зібраної дощової води з дахів власних будівель. Розрахований показник стабільності води. Визначено, що зібрана дощова вода є агресивною і потребує стабілізаційного оброблення.

6. З врахуванням якості вихідної дощової води та сформованих вимог до підготовленої води розроблена векторна технологічна схема збору, очищення і використання зібраної з дахів будівель ОНТУ дощової води. Також визначена продуктивність системи збору, очищення і використання дощової води, здійснено підбір необхідного технологічного обладнання для неї, розрахована необхідна кількість обладнання для технологічної лінії, складено апаратурно-технологічну схему, виконані розрахунки потреби в реагентах, сформовані вимоги для

забезпечення належних санітарно-гігієнічних вимог при експлуатації системи очищення дощової води.

7. Запропоновано заходи з охорони праці, заходи із цивільного захисту робочих та службовців у надзвичайних ситуаціях та заходи з охорони навколишнього середовища при експлуатації системи збору і очищення дощової води, а також використання підготовленої води для технічних потреб ОНТУ.

8. Розраховано показники економічної ефективності проекту. Зокрема розраховано капітальні витрати на придбання обладнання і кошторис витрат на забезпечення роботи системи збору і очищення дощової води. Вони становлять 394 507 грн та 108 998, 16 грн відповідно. При умові збору дощової води з дахів будівель ОНТУ, розміщених на вул. Канатній в об'ємі 4400,4 м³/рік собівартість води становитиме 22,77 грн/м³. Також розраховано кошторис витрат на проведення НДР. Він становить 41 560 грн. Ще визначено витрати на впровадження інновацій у виробництво. Вони становлять 585 532 грн. Прибуток і термін окупності проекту розраховані з врахуванням теперішнього тарифу на водопостачання і водовідведення, а також з врахуванням прогнозованого тарифу на 2024 рік. Вони становлять відповідно: $\Delta\Pi_1 = 79030,94$ грн, $T_{o1} = 7,41$ роки; $\Delta\Pi_2 = 135 439,67$ грн, $T_{o2} = 4,32$ роки. Виконані розрахунки підтверджують перспективність і ефективність впровадження в ОНТУ системи збору, очищення і використання дощової води, зібраної з дахів будівель ОНТУ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузьмінчук А. Якість води в Одесі. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/kachestvo-vody-v-odesse/> (дата звернення 02.10.23)
2. Якість питної води. URL: <https://infovod.com.ua/uk/info/vodopostachannia/iakist-pitnoyi-vodi> (дата звернення 03.10.23)
3. Про одеський водопровід і його історію. URL: <https://odessa-future.com.ua/uk/pro-odeskij-vodoprovid-i-jogo-istoriyu> (дата звернення 04.10.23)
4. Одеському водоканалу – 150 років (офіційний сайт ТОВ «Інфокс» (філія «Інфоксводоканал»)) URL: <https://infovod.com.ua/uk/novini/podiyi/odeskomu-vodokanalu-150-rokiv-1056> (дата звернення - 05.10.23)
5. Новини «Інфоксводоканалу». (офіційний сайт ТОВ «Інфокс» (філія «Інфоксводоканал»)) URL: <https://infovod.com.ua/uk/novini> (дата звернення - 02.11.23)
6. Що не так з системою водопостачання України? URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/chto-ne-tak-s-sistemoy-vodosnabzheniya-ukrainy/> (дата звернення - 07.10.23)
7. Актуальні тарифи на 01.01.2023. (офіційний сайт ТОВ «Інфокс» (філія «Інфоксводоканал»)) URL: <https://infovod.com.ua/uk/info/storinka-abonentu/aktualni-tarifi-z-01-01-2023> (дата звернення - 07.10.23)
8. Структура тарифів (офіційний сайт ТОВ «Інфокс» (філія «Інфоксводоканал»)). URL: <https://infovod.com.ua/resources/medias/394.pdf> (дата звернення - 07.10.23)
9. Архів тарифів (офіційний сайт ТОВ «Інфокс» (філія «Інфоксводоканал»)). URL: <https://infovod.com.ua/uk/info/storinka-abonentu/arkhiv-tarifiv> (дата звернення - 07.10.23)
10. Коваленко О.О., Василів О.Б., Шаповал Є.О. Альтернативні джерела води та їх застосування на підприємствах харчової галузі. Зб. тез доп. Міжн. наук.-практ.

конф. [«Технології харчових продуктів і комбікормів»], (Одеса, 20-23 вересня 2022 р.) /Одеськ. нац. технол. ун-тет. – Одеса: ОНТУ, 2022. – С.28.

11. Коваленко О.О., Василів О.Б., Григор'єва Т.П., Шаповал Є.О Технологія збору і оброблення суміші дощової води та сконденсованої атмосферної вологи для подальшого використання підготовленої води на промисловому підприємстві // Зб. тез доп. 81 наук. конф. виклад. академії 27 – 30 квітня 2021 р. Одеса, ОНАХТ. - Одеса: ОНАХТ, 2021. – С.46-48.

12. Коваленко О. О., Василів О. Б., Шаповал Є. О. Водопостачання з альтернативних джерел та оцінка доцільності його організації на харчовому підприємстві // Зб. тез доп. XIII Всеукр. наук.-практ. конф. «Вода в харчовій промисловості» (17-18 листопада 2022 року), Одеса, ОНТУ. С. 39 - 41.

13. Глущенко Р., Ткаченко Т. Збереження, якість та використання дощової води після «зеленої» покрівлі // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, вип. 42, 2023. – С. 4 – 12. URL: <http://wateruse.org.ua/article/view/277595> (дата звернення - 09.10.23)

14. Alissandra Pessoa Almeida, Tiago Liberalesso, Cristina Matos Silva, Vitor Sousa. Dynamic modelling of rainwater harvesting with green roofs in university buildings //Journal of Cleaner Production. 2021. Volume 312. 127655. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127655> (дата звернення - 09.10.23)

15. Cipolla S.S., Altobelli M., Maglionico M. Decentralized Water Management: Rainwater Harvesting, Greywater Reuse and Green Roofs within the GST4Water Project // Proceedings. 2018. Vol. 2. P. 673-680. URL: <https://doi.org/10.3390/proceedings2110673> (дата звернення - 10.10.23)

16. Ming Chian Yew, Song Wei Wong, Ming Kun Yew and Lip Huat Saw. Rainwater Harvesting System Integrated With Sensors for Attic Temperature Reduction // Frontiers in Built Environment. 2021. Vol. 7. ArticleID: 647594. URL: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.647594> (дата звернення - 10.10.23)

17. Silva, F.; Calheiros, C.S.C.; Albuquerque, A.; Lopes, J.P.; Antão-Geraldes, A.M. Technical and Financial Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting Using

Conventional or Green Roofs in an Industrial Building. Sustainability 2023, 15, 12430. URL: <https://doi.org/10.3390/su151612430>

18. Stefania Anna Palermo, Michele Turco, Francesca Principato and Patrizia Piro. Hydrological Effectiveness of an Extensive Green Roof in Mediterranean Climate. Water 2019, 11, 1378. URL: <https://doi.org/10.3390/w11071378>

19. Almeida, A.P.; Liberalesso, T.; Silva, C.M.; Sousa, V. Combining Green Roofs and Rainwater Harvesting Systems in University Buildings under Different Climate Conditions. Sci. Total Environ. 2023, 16, 3719. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>

20. Kummu, M.; Guillaume, J.H.A.; de Moel, H.; Eisner, S.; Flörke, M.; Porkka, M.; Siebert, S.; Veldkamp, T.I.E.; Ward, P.J. The World's Road to Water Scarcity: Shortage and Stress in the 20th Century and Pathways towards Sustainability. Sci. Rep. 2016, 6, 38495. URL: <https://www.nature.com/articles/srep38495.pdf>

21. World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2021: WMO Provisional Report; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2021. URL: https://policycommons.net/artifacts/2434625/1290_statement_2021_en/3456217/

22. Kim, Y.; Han, M.; Kabubi, J.; Sohn, H.G.; Nguyen, D.C. Community-based rainwater harvesting (CB-RWH) to supply drinking water in developing countries: Lessons learned from case studies in Africa and Asia. Water Supply 2016, 16, 1110–1121. URL: <https://iwaponline.com/ws/article/16/4/1110/28069/Community-based-rainwater-harvesting-CB-RWH-to>

23. Raimondi, A.; Quinn, R.; Abhijith, G.R.; Becciu, G.; Ostfeld, A. Rainwater Harvesting and Treatment: State of the Art and Perspectives. Water 2023, 15, 1518. URL: <https://doi.org/10.3390/w15081518>

24. Водостічні системи. URL: <https://finebud.com.ua/vodostochnye-sistemy/>

25. RAIKO – водостічна система з металу. URL: <https://technicol.com.ua/raiko/>

26. Водостічна система: важливий нюанс сучасної покрівлі. URL: <https://pp-budpostach.com.ua/ua/a288437-vodostichna-sistema-vazhlij.html>

27. Водостічні системи Одеса. URL:

<https://evrokrovylya.com.ua/ua/vodostochnyie-sistemy/>

28. Системи відведення дощової води RUUKKI. Каталог продукції та інструкція з монтажу. URL: <https://www.ruukki.com/docs/default-source/roofing-documents/ukraine/%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/katalog-vodostichna-systema.pdf?sfvrsn=2637269654821330000>

29. ISO 5667-8:1993 Water quality — Sampling — Part 8: Guidance on the sampling of wet deposition (Якість води. Відбирання проб. Частина 8. Настанови щодо відбирання проб вологих опадів). Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2011.16 с. URL:

<https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/f8429f6d1d2e4669b242cce94de9ea61.pdf>

30. Zdeb M, Zamorska J, Papciak D, Słyś D. The Quality of Rainwater Collected from Roofs and the Possibility of Its Economic Use. Resources. 2020; 9(2):12. URL: <https://doi.org/10.3390/resources9020012>

31. Коваленко О. О. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з вибіркової освітньої компоненти " Хімія води і методи контролю її якості" [Електронний ресурс] : для здобувачів СВО "Доктор філософії з харчових технологій" галузі знань 18 "Виробництво та технології" спец. 181 "Харчові технології" освітньо-наукової програми "Харчові технології" всіх форм навчання. Ч. 2 / О. О. Коваленко ; відп. за вип. О. Л. Гаркович ; Каф. екології, води та природоохоронних технологій. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 60 с.

32. ДСТУ ГОСТ 27384:2005 «Вода. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей» (ГОСТ 27384-2002) – Чинний від 01.04.2006 – К.: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») - URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=52796

33. ДСанПіН 2.2.4.171.10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. - URL: <http://xn--80a2agee.xn--p1ai/dsanp-n-2-2-4-171-10>
34. ДСТУ 7591:2014 «Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії»
35. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України. Затв. наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 19 лютого 2002 р., № 402/6691. 24 с.
36. Жалкін Д.С., Жалкін С.Г. Хімотологія моторних оливо: Конспект лекцій. – Харків : УкрДУЗТ, 2018. – Ч. 1. – 53 с.
37. Національний стандарт України ДСТУ 8691:2016 «Стічні води. Наставови щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти». Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 31 жовтня 2016 р. № 356, чинний з 2017-11-01. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2016. 32 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/8691_2016.pdf
38. Баграмов Т.Р.Методичні вказівки фізико-хімічного аналізу стічних вод. КОЕ «Спеціалізоване ремонтно-налагоджувальне управління «Укрсільгоспремналадка». Київ, 1989. 62 с.
39. КНД 211.1.4.030-95 «Метрологічне забезпечення. Методика фотометричного визначення амоній-іонів з реагентом Неслера в стічних водах». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.
40. МВВ № 081/12-0317-06 «Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань водневого показника (рН) електрометричним методом».
41. КНД 211.1.4.039-95 «Метрологічне забезпечення. Методика гравіметричного визначення завислих (суспендованих) речовин в природних і стічних водах». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.
42. МВВ 081/12-0016-01 «Поверхневі води. Методика виконання вимірювань перманганатної окислюваності».

43. КНД 211.1.4.-42-95 «Метрологічне забезпечення. Методика гравіметричного визначення сухого залишку (розчинених речовин) в природних та стічних водах». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

44. МВВ № 081/12-0311-06 «Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань температури»

45. МВВ № 081/12-0175-05 «Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації заліза загального фотоколориметричним методом з роданідом»

46. МВВ 081/12-0006-01 «Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації кальцію та магнію титриметричним методом»

47. КНД 211.1.4.027-95 «Метрологічне забезпечення. Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою у поверхневих та біологічно очищених водах». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

48. КНД 211.1.4.023-95 «Метрологічне забезпечення. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

49. МВВ 081/12-0005-01 «Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів фотометричним методом»

50. МВВ № 081/12-0173-05 «Поверхневі, підземні та зворотні води Методика виконання вимірювань масової концентрації цинку фотоколориметричним методом»

51. КНД 211.1.0.009-94 «Метрологічне забезпечення. Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних та технологічних вод». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

52. КНД 211.1.2.008-94 «Метрологічне забезпечення. Гідросфера. Правила контролю складу і властивостей стічних та технологічних вод». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

53. КНД 211.1.4.044-95 «Метрологічне забезпечення. Внутрішньо лабораторний контроль похибок визначень складу проб вод». Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та ядерної безпеки. Київ, 1995.

54. ДСТУ 8346:2015 Якість ґрунту. Методи визначення питомої електропровідності, рН і щільного залишку водної витяжки. Наказ Держстандарту України від 28 грудня 2001 р. № 658, чинний з 2003-01-01. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55864

55. Chirhakarhula E. Chubaka, Harriet Whiley, John W. Edwards, Kirstin E. Ross, "A Review of Roof Harvested Rainwater in Australia", Journal of Environmental and Public Health, vol. 2018, Article ID 6471324, 14 pages, 2018. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/6471324>

56. Збір дощової води. Трохи корисної теорії. URL: https://www.graf-voda.com.ua/articles_view/zbir-doschovoi-vody-trohy/

57. Збір дощової води. URL: https://www.graf-voda.com.ua/sbor_dozhdevoi_vody/

58. Талавас О. Дощова вода замість водопровідної/ Журнал Air Water Therm. URL: <https://aw-therm.com.ua/doshova-vodazamist-vodoprovidnoyi/>

59. Учасники проектів Вікімедіа. Клімат Одеси – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Клімат_Одеси (дата звернення: 08.11.2023).

60. Ємність вертикальна 10000 л, дві горловини. URL: <https://euoplast.ua/ua/emkost-vertikalnaya-10000-litr>

61. Очищення фільтру дощової води D400 AQB. URL: https://docom.com.ua/ua/product/ochishennya-filtru-doshovo-vodi-d400-aqb_14018926871

62. Фільтри тонкої очистки води. URL: https://ecosoft.ua/ua/all-filters-home/ot_chego_chistim-is-mekhanicheskyye-primesi/?PAGEN_2=2
63. Фільтр для холодної води BWT PROTECTOR MINI ¾" CR. URL: <https://ecosoft.ua/ua/bwt-protector-mini-3-4-c-r/>
64. Технічний паспорт виробу: ємність поліетиленова стаціонарна. URL: <https://europlast.ua/docs/pasport.pdf>
65. Пластикова ємність для води вертикальна висока, 2000 л. URL: <https://europlast.ua/ua/emkost-vertikalnaya-uzkaya-2000-l>
66. Станція пропорційного дозування реагенту. URL: https://www.etatron.com.ua/pumps/dosage_stations/dosing_proportionality/
67. Станція дозування гіпохлориту. URL: https://www.etatron.com.ua/pumps/dosage_stations/dosing_hypochlorite/
68. Станції дозування гіпохлориту натрію. URL: <https://dosingtech.com.ua/uk/shop/kompleksni-rishennya/dozuvalna-stantsiya/dozuvalna-stantsiya-dlya-gipohloritu/>
69. Методичні вказівки до виконання практичного заняття та самостійної роботи на тему «Розрахунок водоочисної станції» з навчальної дисципліни «Водопостачання та водовідведення» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 103 «Науки про землю» усіх форм навчання [електронне видання] / Орлова А. М., Мартинов С. Ю. – Рівне : НУВГП, 2020. – 26 с.
70. Фільтр механічного очищення Ecosoft FP 1665CT. URL: <https://ecosoft.ua/ua/ustanovka-mekhanicheskoy-filtratsii-ecosoft-fp-1665/>
71. Фільтруючий матеріал Calcite 15,6 л. URL: <https://ecosoft.ua/ua/filtruyushchiy-material-calcite/>
72. Кварцовий пісок FILTERSAND, фракція 0.8 - 1.2 мм (Україна), мішок 25 кг. URL: <https://watermart.ua/uk/pesok-kvarcevyiy-filtersand-frakciya-0-8-1-2-mm-ukraina-meshok-25-kg.html>

73. Картридж з гранульованим активованим вугіллям Ecosoft 4,5"x20" (CHV4520ECO). URL: <https://ecosoft.ua/ua/kartridzh-s-granulirovannym-aktivirovannym-uglem-ecosoft-4-5-kh20/>

74. Колба механічного очищення Ecosoft BB20 1" (FPV4520ECOGR). URL: <https://ecosoft.ua/ua/kolba-mekhanicheskoy-ochistki-ecosoft-bb20-1/>

75. Hidrobak гнучкий резервуар для води та КАС (10000 л). URL: https://adam.ua/ustatkuvannya/iemnosti-dlya-ridin/gidrobak-gnuchkiy-dlya-vodi-16/?currency=UAH&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=NP_PM_ax_All_Products-UA_id-19744003897&utm_term=&utm_content=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAyeWrBhDDARIsAGP1mWQ1EWYx0bY_vemN14F-GbudjREF_Y2SuAuYJH18BeX7x4Xr88v2qVYaAoRWEALw_wcB

76. Гнучкий резервуар 10 000 літрів для технічної води. URL: <https://teplosnab.net/ua/p1010750900-gibkij-rezervuar-10000.html>

77. Автоматична насосна станція DAB AQUAJET-INOX 102 M – G. URL: <https://aquastory.com.ua/ua/avtomaticheskaya-nasosnaya-stancziya-dab-aquajet-inox-102-m-g.html>

78. Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в ОНТУ. URL: <https://ontu.edu.ua/download/ohrana/Regulations-on-the-procedure-for-training-and-testing-of-knowledge-on-occupational-safety-at-ONUT.pdf>

79. Оператор хімічного цеху електростанції. <https://jobs.ua/dkhp/articles-1425>

80. Фесенко Г. В. Курс лекцій з дисципліни «Цивільний захист» (для студентів 5-го (6-го) курсів усіх форм навчання всіх спеціальностей ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) / Г. В. Фесенко, В. І. Д'яконов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 98 с. <https://core.ac.uk/download/pdf/33758653.pdf>

81. Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України. Наказ Державного комітету України по житлово-комунальному господарству

від 5.07.95, № 30. Зареєстр. в Міністерстві юстиції України
21.07.95 р. за № 231/767. <https://ips.ligazakon.net/document/REG767?an=1>

82. “Ще два-три місяці протягнемо”. Чому у водоканалах б’ють на сполох
через тарифи і хто винен в іржавій воді з-під крана. Економічна правда.
URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/07/10/702043/> (дата
звернення:14.10.2023).