

Вижевська Т. В., к.т.н., доцент, Литвиненко Л. Л., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ДОЩОВИХ ВОД, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ ОЧИЩЕННЮ

Виконаний аналіз умов спрямування дощового стоку на очищення у схемах регулювання за обсягом стоку та витратою. Розглянуті методи визначення витрати дощових вод на очищення шляхом гідравлічного розрахунку мережі, спрощеним методом з коефіцієнтами перерахунку. Показана ефективність використання методики обробки записів дощів для визначення обсягу очищуваних дощових вод.

Ключові слова: дощовий стік, регулювання, витрата дощових вод, методика розрахунку.

Великі обсяги та висока забрудненість поверхневого стоку, які є причиною збільшення гідравлічного та біохімічного навантаження на системи водовідведення та на природні водойми, обумовлюють активний пошук ефективних шляхів управління дощовим стоком, очищення та раціонального використання поверхневих стічних вод.

Системи водовідведення, які застосовують в Україні, передбачають [1] відведення поверхневого, в першу чергу, дощового, стоку з забудованої території населених місць, комунальних та промислових об'єктів. Однак, зважаючи на те, що очищення всього річного обсягу дощових вод вимагає значних будівельних та економічних затрат, державне регулювання не передбачає обов'язкового очищення усього стоку. Винятком [1, п. 4.9] є підприємства так званої другої групи, які мають особливо небезпечні для довкілля специфічні забруднення і тому повинні збирати та очищувати перед скидом або повторним використанням повний обсяг дощових вод.

Відомо [3], що миттєва максимальна секундна витрата стічних вод від розрахункового дощу граничної інтенсивності в 50...100 разів перевищує максимальну секундну витрату господарсько-побутових вод з аналогічної території. Однак річний обсяг дощових вод у 10...20 разів менший за річну витрату господарсько-побутових вод з тієї ж площі водозбору.

Зважаючи на значні витрати дощових вод, епізодичність та надзвичайну нерівномірність їх випадання, проблема прийняття рішення про витрату дощового стоку, яку потрібно очищувати, потребує технічного та економічного обґрунтування. Найбільш логічним є варіант з регулюванням дощового стоку з метою зменшення розрахункової витрати дощових вод, які надходять на насосні та (або) очисні станції, при забезпеченні приймання на очищення не менше, ніж 70% річного стоку.

Принципальні рекомендовані [1] схеми регулювання дощового стоку відрізняються способом приєднання регулюючих резервуарів до мережі водовідведення та системи перекачування та очищення стічних вод. Їх можна поділити на такі, що не передбачають (для підприємств другої групи [1, п. 4.9]) або допускають скид неочищених дощових вод до водойми.

Схеми регулювання дощового стоку, які передбачають скид частини неочищених дощових вод від дощів великої інтенсивності до водойми, включають регулювання як за витратою, так і за об'ємом.

У випадку регулювання за об'ємом на очищення спрямовується концентрована частина стоку від усіх дощів, а до водойми скидається без очищення найменш концентрована частина стоку від дощів великої інтенсивності. Такий спосіб регулювання витрати доцільно застосовувати при самопливному надходженні дощового стоку до резервуару.

При подвійному регулюванні дощового стоку, коли встановлюється розподільна аванкамера з наступним акумулюванням у регулюючому резервуарі, на очисні споруди спрямовується стік від дощів малої інтенсивності та частина стоку від інтенсивних дощів з заданою максимальною витратою. Цей спосіб доцільно застосовувати при значному заглибленні підвідного дощового колектору і необхідності насосного підйому води.

Розрахункова витрата дощових вод для розрахунку очисних споруд визначається для граничного дощу, увесь стік від якого, надходить на очищення. Визначення цієї витрати виконується за кількома методиками, застосування яких передбачене нормативним документом [1] за умови, що за рік буде очищено не менше, ніж 70% рідкого стоку.

Відповідно до найбільш строгого способу розрахунку, витрату стоку від граничного дощу Q_{lim} , спрямованого на очищення, рекомендовано визначати за формулою А.1 [1] при періоді одноразового перевищення інтенсивності граничного дощу P від 0,05 до 0,1 року,

що забезпечує у кліматичних умовах України, відповідно до проведених досліджень [1; 3], відведення на очищення від 70 до 90% річного об'єму поверхневих стічних вод. Методика досить громіздка, передбачає виконання гідравлічного розрахунку мережі двічі. Перший розрахунок дощової мережі виконується за стандартною методикою [1, дод. А] при періоді одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу P , який відповідає умовам проектування мережі [1, табл. А.3], та полягає у визначенні діаметрів та похилів прокладання трубопроводів. Другий розрахунок полягає у перевірці запроєктованої мережі на пропуск витрат дощових вод при періоді одноразового перевищення інтенсивності граничного дощу $P = 0,05 \dots 0,1$ року без врахування можливості виникнення напірного режиму потоку при заповненні вільної місткості споруд на мережі, тобто з коефіцієнтом $\beta = 1$.

Витрату стоку від граничного дощу Q_{lim} , який відповідає розрахунковій витраті Q_r , яка отримала в результаті гідравлічного розрахунку мережі, допустимо визначати також за спрощеною формулою [1]:

$$Q_{lim} = Q_r k_1 k_2, \quad (1)$$

де k_1, k_2 – коефіцієнти, що враховують зміну параметрів стоку при зменшенні значення P , прийнятого при розрахунку дощової мережі [1, табл. 3, 4]. За спрощеним варіантом розрахунку результати на 8...18% перевищують результати детального розрахунку за першим способом, тобто маємо запас потужності очисних споруд при економії часу проектувальника.

Гідрограф дощового стоку, який спрямовується на очищення, будуємо для періоду одноразового перевищення інтенсивності граничного дощу [5, С. 81; 6, С. 51]. Він служить за основу при визначенні місткості регулюючого резервуару на очисних спорудах при проектуванні їх на зарегульовану витрату.

Інший спосіб визначення витрати дощових вод, які підлягають очищенню, полягає у визначенні висоти шару h_{max} опадів, стік від яких повинен повністю очищуватись. Як правило, стік від такого шару опадів надходить до акумулювальної місткості, звідки усереднена витрата надходить на очисні споруди. Визначається h_{max} на підставі даних гідрометеорологічних спостережень інтенсивності дощів, період спостережень має бути не меншим за 10 років.

Робочий об'єм резервуару W_r , призначеного для приймання з

площі стоку F_r розрахункового дощу, що підлягає очищенню у повному обсязі, визначають за формулою:

$$W_r = 10h_{max}F_r\varphi_{mid}, \quad (2)$$

де φ_{mid} – середньозважений коефіцієнт стоку [4, С. 80].

Для прикладу визначимо максимальний добовий шар рідких атмосферних опадів h_{max} на території м. Ратне в Україні, при прийманні стоку від якого на очисні споруди буде забезпечене очищення не менш, ніж 70% річної кількості дощових вод.

Вихідні дані: середня кількість днів кожного місяця, коли випадає певний шар дощу, отримані шляхом обробки даних гідрометеослужби, – наведені в табл. 1. Дощі, які випадають на території гідрометеостанції, обліковують відповідно до висоти шару опадів h_i , визначаючи середню за період спостереження кількість дощів, висота шару яких не перевищує певної величини. Такими величинами визначені шари рідких опадів висотою $h_i^n = 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0$ мм.

Таблиця 1

Середня щомісячна кількість днів з опадами
при різній висоті шару опадів

Місяць	Кількість днів з опадами h_i , мм						
	$\geq 0,1$	$\geq 0,5$	≥ 1	≥ 5	≥ 10	≥ 20	≥ 30
I	13,5	11	6,6	1,4	0,6	0	0
II	12,6	8,5	6,1	1,5	0,1	0	0
III	11,6	8,2	6,4	1,6	0,3	0	0
IV	14,0	9,6	6,2	2,4	0,5	0,05	0
V	14,5	10,8	7,4	3,2	1,1	0,2	0,05
VI	17,5	11,4	8,6	3,9	2	0,5	0,1
VII	16,8	11,2	8,7	4,2	2,1	0,7	0,2
VIII	13,5	9,7	7,2	4,0	1,7	0,7	0,1
IX	19,3	12,7	8,7	4,3	1,3	0,3	0,15
X	18,0	12,3	8,4	3,5	1,0	0,1	0,10
XI	13,7	12,7	7,9	2,6	0,6	0,05	0
XII	12,8	11,9	7,6	2,1	0,2	0	0
Рік	176,1	130,0	89,8	34,7	11,5	2,6	0,7
В т.ч. Ш-Х1	147,2	98,6	69,5	26,1	10,6	2,6	0,7

Для м. Ратне позитивні середньомісячні температури повітря спостерігаються [2] в період з березня по листопад. Як бачимо з таблиці, за цей період в середньому маємо 147,2 днів з шаром опадів не меншим, ніж $h_i = 0,1$ мм.

Для визначення h_{max} потрібно побудувати графік залежності частини річних опадів H_i , яка приймається на очищення, в процентах від сумарної їх кількості за теплий період року, від величини максимального добового шару дощу h_i^{mid} , який приймається на очищення в повному обсязі. Для цього виконуємо обчислення, які заносимо в табл. 2.

Число n_i днів з добовим шаром опадів, який не менший за величину h_i^n , є середньою сумою днів з таким шаром опадів за теплі (березень-листопад) місяці (табл. 1). Далі обчислюють середню величину шару опадів h_i^{mid} як середнє арифметичне попереднього та наступного значень.

Заповнення графік числа днів із величиною шару опадів, яка входить у межі між більшим і меншим значенням (табл. 2) варто розпочинати від найбільшої величини $h_i^{mid} = 30$ мм, для якої число днів з добовим шаром опадів не меншим за нього відоме і становить $N_i = 0,7 - 0 = 0,7$. Для $h_i^{mid} = 25$ мм маємо $N_i = 2,6 - 0,7 = 1,9$, тобто наступне значення числа днів зменшується на величину попереднього.

Сумарний річний шар опадів у вигляді дощу, який надходить на очисні споруди H_i , визначаємо шляхом накопичення стоку дощової води від усіх дощів, висота шару яких не менша, ніж h_i^{mid} (якщо $i = k$, то накопичуємо опади, які мають висоту шару $h_i^{mid} \geq h_k^{mid}$). Для шару опадів h_k^{mid} річним шаром є добуток величини цього шару на число днів n_k з добовим шаром, який перевищує h_k^{mid} . Для усіх інших шарів, величина яких не перевищує задану h_k^{mid} , річний шар опадів визначаємо як суму добутків від множення величини відповідного шару дощу h_i^{mid} на число днів N_i з шаром опадів, величина якого знаходиться в межах між найближчими більшим h_{i+1}^n та меншим h_i^n значеннями, за якими визначали дане середнє значення. Суму починаємо утворювати від першого найменшого значення

$$h_i^{mid} = h_1^{mid} \text{ аж до } h_i^{mid} = h_k^{mid} .$$

Таблиця 2

Визначення сумарного річного шару опадів,
який надходить на очищення

Добовий шар опадів h_i^n , мм	Число днів n_i з добовим шаром опадів $h_i \geq h_i^n$	Середній добовий шар опадів, мм $h_i^{mid} = (h_i^n + h_{i+1}^n) / 2$	Число днів $N_i = n_{i+1} - n_i$ з добовим шаром опадів $h_i^n \leq h_i \leq h_{i+1}^n$	Сумарний річний шар опадів у вигляді дощу, який надходить на очисні споруди, мм	
				H_i , мм	H_i %
$\geq 0,1$	147,2	0,3	48,6	44,16	9,37
$\geq 0,5$	98,6	0,75	29,1	88,53	18,78
≥ 1	69,5	3	43,4	244,91	51,96
≥ 5	26,1	7,5	15,5	362,36	76,87
≥ 10	10,6	15	8,0	441,86	93,74
≥ 20	2,6	25	1,9	467,86	99,26
≥ 30	0,7	30	0,7	471,36	100,00

Так, при $h_i^{mid} = 7,5$ розрахунок наступний:

$$H_i = 0,3 \cdot 48,6 + 0,75 \cdot 29,1 + 3 \cdot 43,4 + 7,5 \cdot 26,1 = 362,36 .$$

Фізичний смисл розрахунку полягає у визначенні отриманого при заданій величині h_{max} сумарного за розрахунковий період шару опадів дощу H_i , %, який приймається на очисні споруди.

За графіком (рисунок) визначено величину максимального добового шару рідких атмосферних опадів $h_{max} = 5,9$ мм, при якому буде забезпечено приймання на очищення не менше, ніж 70% річного дощового стоку. Це означає, що на очисні споруди буде спрямовано повний обсяг стоку від усіх дощів, добовий шар яких не перевищує

5,9 мм, а також частина обсягу стоку від більш інтенсивних дощів.

Отже, при відсутності скиду дощового стоку через розподільну камеру місткість регулюючого резервуару допустимо розрахувати за шаром максимального дощу h_{max} , увесь стік від якого підлягає очищенню. За наявності гідрометеорологічних даних такий шар має бути розрахований для усіх населених місць України.

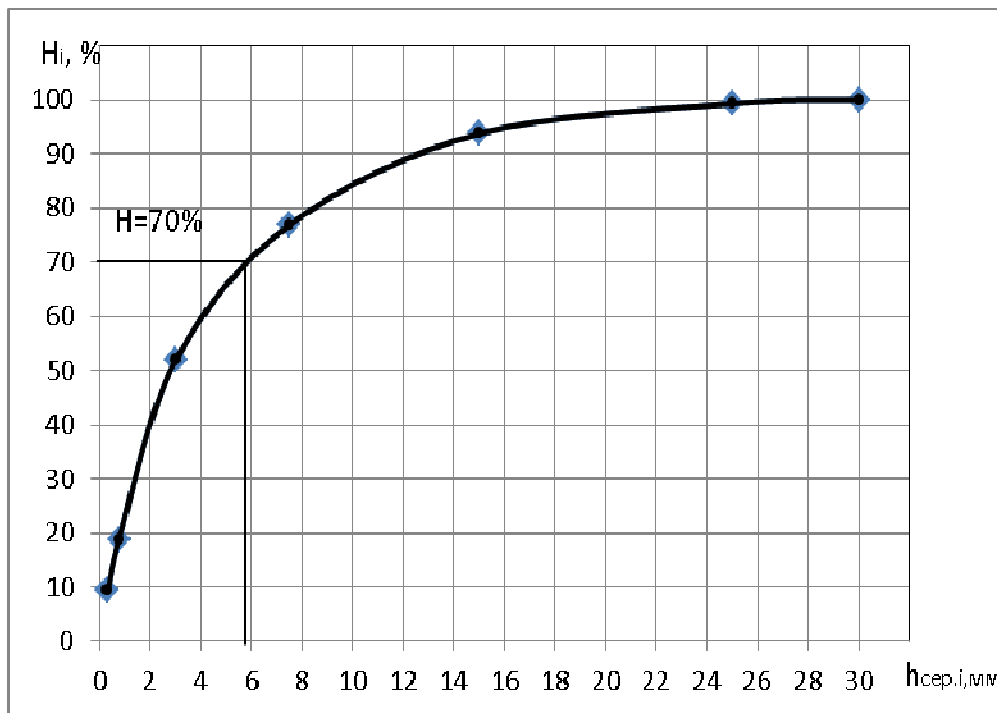


Рисунок. Графік залежності річної частки рідких опадів, що надходять на очищення, від величини добового шару дощу

Висновки

Визначені умови та технологічні схеми регулювання дощового стоку при спрямуванні його на очищення за витратою та обсягом.

Розглянуті методики визначення розрахункової витрати дощових вод, які підлягають очищенню, за умови очищення не менше, ніж 70% річного стоку. Незважаючи на трудомісткість, методика гідравлічного розрахунку витрати граничного дощу є обґрунтованою і надійною. Спрощена методика дає завищені результати, однак проста в користуванні.

Показана доцільність використання для визначення максимального шару дощу, який має бути очищений, обробки реальних даних метеорологічних станцій (записів дощів).

1. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К., Мінрегіонбуд України, 2013. 128 с. 2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. К., Мінрегіонбуд України, 2011. 120 с. 3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання у 2007 р. / Міністерство з питань житлово-комунального господарства України. К., 2008. 563 с. 4. Вижевська Т. В. Про визначення коефіцієнта стоку при проектуванні дощової каналізації. *Актуальні проблеми систем тепло-газопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2015. С. 47–49. 5. Вижевська Т. В., Уїздовський А. П. До визначення об'єму резервуару регулювання дощових вод, які підлягають очищенню. *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* : матеріали V М-нар. н.-практ. конф. 26-27 жовтня 2017 р., Київ, Україна. НТУ «КПІ ім. І. Сікорського», Київ. 2017. С. 80–82. 6. Вижевська Т. В., Пілецький А. Є. Визначення оптимальних параметрів регулювання дощового стоку при очищенні усього його об'єму. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Вип. 4 (80). Рівне : НУВГП, 2017. С. 47–55.

REFERENCES:

1. DBN V.2.5-75:2013. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. K., Minrehionbud Ukrainy, 2013. 128 s. 2. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budivselna klimatolohiia. K., Minrehionbud Ukrainy, 2011. 120 s. 3. Natsionalna dopovid pro yakist pytnoi vody ta stan pytnoho vodopostachannia u 2007 r. / Ministerstvo z pytan zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. K., 2008. 563 s. 4. Vyzhevska T. V. Pro vyznachennia koefitsiienta stoku pry proektuvanni doshchovoi kanalizatsii. Aktualni problemy system teplohapostachannia i ventyliatsii, vodopostachannia i vodovidvedennia : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2015. S. 47–49. 5. Vyzhevska T. V., Uizdovskyi A. P. Do vyznachennia obiemu rezervuaru rehuliuвання doshchovykh vod, yaki pidliahaiut ochyshchenniu. Chysta voda. Fundamentalni, prykladni ta promyslovi aspekty : materialy V M-nar. n.-prakt. konf. 26-27 zhovtnia 2017 r., Kyiv, Ukraina. NTU «KPI im. I. Sikorskoho», Kyiv. 2017. S. 80–82. 6. Vyzhevska T. V., Piletskyi A. Ye. Vyznachennia optymalnykh parametriv rehuliuвання doshchovoho stoku pry ochyshchenni usoho yoho obiemu. Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky : zb. nauk. prats. Vyp. 4 (80). Rivne : NUVHP, 2017. S. 47–55.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

Vyzhevska T. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Lytvynenko L. L., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DETERMINATION OF RAINWATER FLOW TO BE CLEANED

The article gives the conditions to turn rain sewerage to treatment with the help of regulating technological schemes. Schemes without discharging untreated rainwater to natural reservoirs are carried out using flow and volume regulation. The main problem of technological design is to determine rain sewage flow to be treated. The necessary condition of rain sewage system design is 70% yearly rainfall volume treatment.

Three methods to ensure this condition are discussed. The first one consists in hydraulic calculation realizing during a period of one-time excess of maximum rain intensity $P=0,05...0,1$ year. This method is reliable but labor-consuming. Another method is using empiric coefficients, it gives 20% increase in results but is not difficult. The third method assumes rain records analysis to determine the maximum rainwater layer, runoff of which must be completely treated. The numerical example is fulfilled to confirm the expediency of calculation method when using real meteorological stations materials.

Keywords: rain sewage, regulation, rainwater flow, calculation method.

Вижевская Т. В., к.т.н., доцент, Литвиненко Л. Л., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ДОЖДЕВЫХ ВОД, ПОДЛЕЖАЩИХ ОЧИСТКЕ

Выполнен анализ условий направления дождевого стока на очистку в схемах регулирования за объемом стока и расходом. Рассмотрены методики определения расхода дождевых вод на очистку путем гидравлического расчета сети, упрощенным методом с коэффициентами пересчета. Показана эффективность использования методики обработки записей дождей для определения объема очищаемых дождевых вод.

Ключевые слова: дождевой сток, регулирование, расход дождевых вод, методика расчета.