

УДК 628.2

Вижевська Т. В., к.т.н., доцент, Пілецький А. Є., студент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЮВАННЯ ДОЩОВОГО СТОКУ ПРИ ОЧИЩЕННІ УСЬОГО ЙОГО ОБ'ЄМУ

Виконано аналіз параметрів регулювання дощового стоку при повному відведенні його на очищення шляхом перекачування насосами. Розрахунок параметрів відведення дощового стоку підприємства виконано з використанням гідрографа. Вивчено кореляцію продуктивності насосної станції, очисних споруд та об'єму акумулюючого резервуара.

Ключові слова: дощовий стік, гідрограф, насосна станція, регулюючий резервуар.

Необхідність активного пошуку ефективних шляхів управління дощовим стоком, очищення та раціонального використання дощових стічних вод обумовлена великими обсягами та високою забрудненістю дощового стоку. Ефективні способи регулювання дощового стоку дозволять зменшити гідравлічне та біохімічне навантаження на системи водовідведення та на природні водойми.

Рекомендовані [1; 2; 3] схеми регулювання дощового стоку відрізняються способом приєднання регулюючих резервуарів до схеми водовідведення, їх можна поділити на такі, що не передбачають або допускають скид неочищених дощових вод до водойми.

Дощовий стік з більшості територій можна частково, або навіть повністю [4], скидати до водойм без очищення через розподільні камери та випуски. Однак існує ряд об'єктів, для яких перед скидом потрібно виконати очищення всього дощового стоку. Це підприємства другої групи [4, п. 5.9], територія яких може бути забруднена специфічними речовинами з токсичними властивостями або значною кількістю органічних речовин. До таких підприємств віднесено підприємства кольорової металургії, коксохімії, хімічної, лісохімічної, целюлозно-паперової, нафтопереробної, нафтохімічної та мікробіологічної промисловості, шкіросировинні та шкіряні заводи, м'ясокомбінати, шпалопросочувальні заводи, аеропорти, виробництва обробки кольорових металів, хімічної та електрохімічної обробки поверхні мета-

лів (гальванічні виробництва), фарбувальні виробництва, виробництва побутової хімії та синтетичних миючих засобів тощо.

При проектуванні мереж дощової каналізації переважно забезпечується самотісний режим відведення дощових вод. В окремих випадках, обумовлених топографічними особливостями території, зокрема при спрямуванні дощових вод на очисні споруди, виникає необхідність проектування насосних станцій дощового стоку. Очищення, скид та повторне використання дощового стоку, як і перекачування, вимагають прийняття оптимальних рішень, особливо в умовах значної нерівномірності та епізодичності надходження дощових вод. Пошукові оптимального рішення для випадку спрямування на очищення усього дощового стоку присвячена ця робота.

Головною особливістю проектування насосних станцій перекачування дощового стоку [1] є надзвичайна нерівномірність та нерегулярність їх роботи, а також наявність тривалих періодів простою, тобто епізодичність роботи насосів, яка може бути зменшена шляхом регулювання стоку. Продуктивність насосних станцій, що перекачують дощові води, необхідно визначати (п. 9.16 [4]) з урахуванням забезпечення незатоплюваності територій з низькими відмітками при встановленому періоді одноразового переповнення мережі, регулювання стоку і допустимого періоду відкачування. Тобто потрібно забезпечити відведення стоків в режимі, який не погіршує розрахунковий режим роботи ділянок каналізаційної мережі, розташованих вище, без збільшення частоти її короткочасного переповнення, що зумовлює підвищені вимоги до економічності таких систем. Тому надзвичайно важливо встановити оптимальний режим перекачування дощових вод.

Розрахунок насосних станцій виконуємо [2; 3] на продуктивність, встановлену за методом граничних інтенсивностей при періоді одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу, прийнятому при розрахунку дощової мережі, з використанням розрахункових залежностей типового гідрографа дощового стоку.

Перевагу слід віддавати найбільш простим в експлуатації, надійним і економічним конструкціям насосного обладнання, що можна забезпечити шляхом застосування станцій з насосними агрегатами зануреного типу. Для компенсації нерівномірності надходження у період дощу на станцію дощових стоків слід приймати не менше двох однотипних робочих агрегатів з автоматичною системою вирівнювання їх мотогодин. Для зменшення розмірів станції число робочих агрегатів [3] рекомендовано приймати не більше трьох з одним ре-

зервним агрегатом. Резервне насосне обладнання передбачається на насосних станціях дощової каналізації у випадку неможливості аварійного скиду дощових вод до водойми, зокрема на підприємствах другої групи. Система автоматики насосних станцій повинна забезпечувати автоматичне вмикання і вимикання насосних агрегатів, вмикання додаткових насосних агрегатів відповідно до рівня заповнення резервуара, автоматичне введення в дію резервного обладнання.

У випадку перекачування дощового стоку можливі варіанти [5; 6] без попереднього регулювання або з регулюванням стоку. Для підприємств другої групи для регулювання використовується приймальний резервуар насосної станції. Тому розрахунок насосного обладнання зводиться до визначення оптимального співвідношення між максимальною (піковою) витратою стоку, продуктивністю насосів і величиною робочого об'єму приймального резервуара насосної станції, який забезпечує часткове регулювання витрати.

При цьому слід враховувати, що в насосних станціях з великим обсягом резервуара відбувається (особливо в періоди малоінтенсивного припливу стічних вод) затримання і накопичення дисперсних забруднень, здатних осідати і спливати. В такому випадку (п. 9.1.31 [4]) слід передбачати технічні засоби для періодичного очищення резервуара або використовувати насосне обладнання з системою автоматичного розмивання осаду. З метою уникнення засмічення насосного обладнання грубими механічними включеннями, передбачено встановлення кошиків для збирання сміття або решіток з прозором розміром понад 5 мм залежно від типу встановлених насосів.

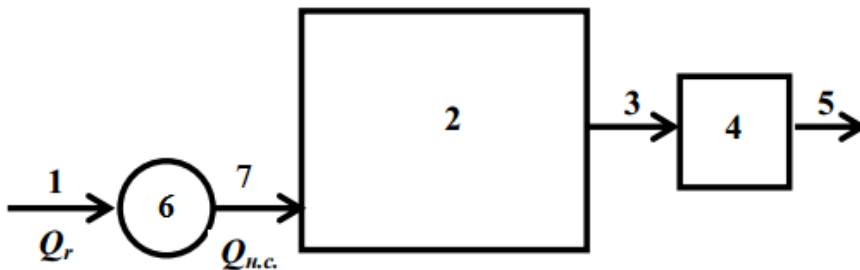


Рис. 1. Технологічна схема перекачування повного об'єму дощового стоку:
1 – самопливний колектор дощової каналізації; 2 – акумулюючий (регулюючий) резервуар; 3 – трубопровід відведення стоку на очисні споруди;
4 – очисні споруди; 5 – трубопровід відведення очищеного стоку у водний об'єкт або систему виробничого водопостачання;
6 – насосна станція; 7 – напірний трубопровід

Для промислових підприємств другої групи (п. 7.3 [4]), а також у випадках використання очищених дощових вод на потреби виробництва (промивання продуктів, миття обладнання, підлоги тощо) характерне очищення повного об'єму дощових вод, технологічна схема якого і буде розглядатись далі (рис. 1).

Використання приймального відділення насосної станції як регулюючого (акумуляуючого) резервуара дає можливість зменшити продуктивність насосів та очисних споруд.

Накопичення стоку у резервуарі розпочинається у момент часу, коли витрата дощових вод перевищить максимальну продуктивність насосів. Об'єм резервуара та продуктивність насосів взаємно залежні, тому оптимальні параметри перекачування дощових вод визначаємо з урахуванням кореляції між ними.

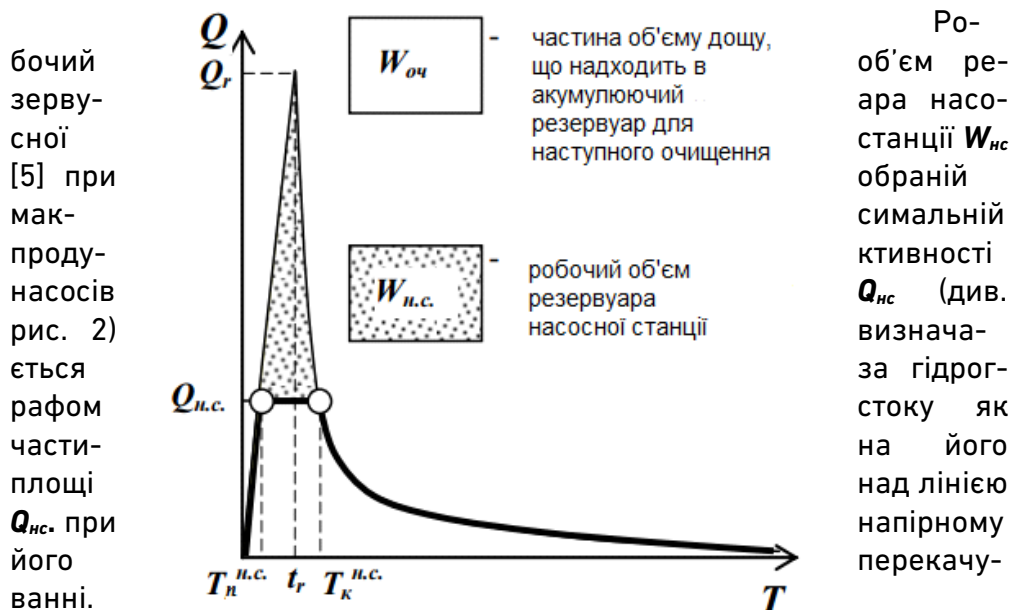


Рис. 2. Схема гідрографа дощового стоку

При цьому об'єм $W_{оч}$, який відповідає площі гідрографа стоку під лінією $Q_{нс}$, надходить на очищення без регулювання.

Максимальна продуктивність очисної станції відповідає максимальній продуктивності насосів.

Методика визначення робочого об'єму резервуара $W_{нс}$ насосної станції та моментів початку $T_{н.с.}$ і кінця $T_{к.с.}$ регулювання полягає у ітераційному розрахунку з використанням [5; 6; 7] ряду формул.

Робочий об'єм резервуара $W_{нс}$ насосної станції, м³, визначають

підбором за формулою

$$W_{nc} = \frac{0,06t_r}{2-n} Q_r \left[\left(\frac{T_{nc}}{t_r} \right)^{(2-n)} - \left(\frac{T_n}{t_r} - 1 \right)^{(2-n)} - \left(\frac{T_{nc}}{t_r} \right)^{(2-n)} - \frac{Q_{nc}}{Q_r} (2-n) \left(\frac{T_{nc}}{t_r} - \frac{T_n}{t_r} \right) \right], \quad (1)$$

де T_n^{nc} – момент часу, при якому витрата дощового стоку, яка надходить в насосну станцію, починає перевищувати її максимальну продуктивність, хв.; T_{nc}^{nc} – момент часу, при якому витрата дощового стоку, яка надходить в насосну станцію, перестає перевищувати її максимальну продуктивність, хв; Q_r, t_r – розрахункова витрата, л/с, та тривалість дощу, хв (за результатами гідравлічного розрахунку мережі).

Величина T_n^{nc} обчислюється за формулою

$$T_n^{nc} = t_r \cdot \left(\frac{Q_{nc}}{Q_r} \right)^{(1/(1-n))}. \quad (2)$$

Величина T_{nc}^{nc} визначається підбором за формулою

$$Q_{nc} = Q_r \cdot \left[\left(\frac{T_{nc}}{t_r} \right)^{(1-n)} - \left(\frac{T_n}{t_r} - 1 \right)^{(1-n)} \right]. \quad (3)$$

Приклад розрахунку параметрів перекачування і регулювання дощового стоку виконаний для підприємства з виробництва лікарських препаратів (другої групи), розташованого в місті Павлоград Дніпропетровської області.

Поверхневий стік відводиться з території водозбору загальною площею $F = 3,90$ га, у тому числі: з покрівель будівель – 1,06 га; з асфальтованих покриттів і доріг – 1,39 га; з газонів – 1,45 га. Середньозважена величина коефіцієнта стоку для території заводу розрахована відповідно до табл. А.6, А.7 [4] і становить $\Psi_d = 0,634$.

Розрахункова витрата дощових вод Q_r , яку відводять колектори дощової каналізації з території підприємства, визначена за методом граничних інтенсивностей за стандартною методикою (дод. А [4]) при таких вихідних даних (табл. А.1 [4]):

q_{20} – розрахункова інтенсивність дощу для даної місцевості тривалістю 20 хв при періоді одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу $P = 1$ рік; $q_{20} = 79,6$ л/с на 1 га; n, g – показники ступеня, $n = 0,71$, $g = 1,82$; m_r – середня кількість дощів за рік, $m_r = 110$; P – період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу, в роках, прийнятий 1,0 року.

Розрахункова тривалість дощу t_r , рівна часові протікання дощових вод по поверхні і трубах до розрахункової ділянки, визначена за стандартною методикою гідравлічного розрахунку дощових мереж за методом граничних інтенсивностей при $P=1$ рік. Відповідно до

плану і довжини мережі, становить $t_r = 10,1$ хв.

Параметр A , що характеризує інтенсивність і тривалість дощу для конкретної місцевості, розрахований за формулою А.2 [4] та становить 671,15. На підставі цих даних визначено розрахункову витрату дощових вод Q_r , яка становить 342,3 л/с.

Гідрограф стоку, який надходить самопливною мережею, будемо (див. рис. 3), виконуючи перерахунок витрат для різних моментів часу, хв, за залежностями [3, С. 114]:

при $t_i < t_r$,
$$Q_i = Q_r \cdot \left(\frac{t_i}{t_r}\right)^{(1-n)} \quad (4)$$

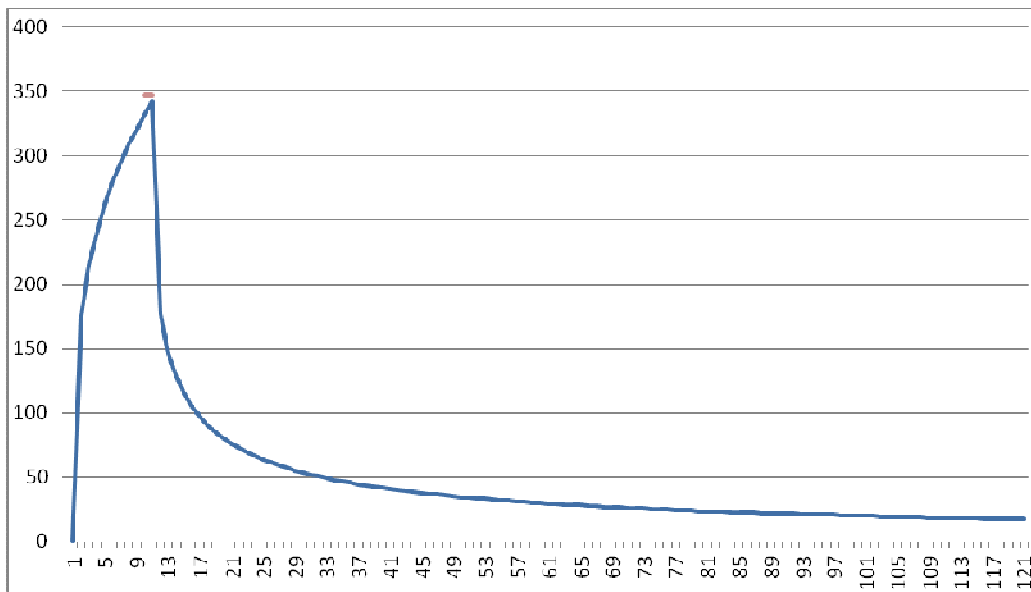


Рис. 3. Робочий гідрограф дощового стоку

при $t_i > t_r$, хв
$$Q_i = Q_r \cdot \left[\left(\frac{t_i}{t_r}\right)^{(1-n)} - \left(\frac{t_i}{t_r} - 1\right)^{(1-n)} \right]. \quad (5)$$

Для перекачування дощового стоку на очисні споруди використовують занурені насоси марки Wilo-EMU KS-220, які мають продуктивність і напір у прийнятних для розрахункового випадку межах та відзначаються низькою енергетичною потужністю при високій ефективності роботи.

Таблиця

Результати розрахунку об'єму резервуара та насосних агрегатів
для перекачування дощового стоку на очищення

Кількість робочих насосів	Подача, л/с Q_{nc}	Час, хв		Об'єм резервуара, W_{nc} , м ³	Сумарна потужність двигунів, кВт N_{nc}
		T_n^{nc}	T_k^{nc}		
1	66,6	0,01	46,6	209,44	17
2	133,2	0,04	22,9	167,84	34
3	199,8	0,45	12,3	151,01	51
4	266,4	1,80	10,4	82,36	68
5	333	4,86	10,03	40,6	85

Змінюючи кількість робочих агрегатів, тобто пропускну здатність насосної станції, користуючись залежностями (1, 2, 3), отримаємо кореляційні залежності між максимальною витратою насосів та обсягом регулюючого резервуара насосної станції (див. таблицю).

Очевидно, що остаточний висновок буде справедливим лише при виконанні економічних розрахунків. Однак попередній результат, з урахуванням як місткості резервуара, так і потужності двигунів, має бути на користь збільшення об'єму резервуара. При цьому маємо зменшення кількості встановленого обладнання та його електричної потужності, а отже, економію споживання електроенергії при менш потужних двигунах насосів. Крім того, при цьому зменшується потужність очисних споруд, хоча питання про їх проектування в цій роботі не розглядається.

Тому вважаємо, що варіант з місткістю резервуара 167,8 м³ та максимальною подачею двох робочих насосів 133,2 л/с при сумарній потужності їх двигунів 34 кВт буде оптимальним.

Висновки

Визначено особливості проектування технологічних схем та насосних станцій дощової каналізації для підприємств з забрудненням території специфічними токсичними домішками при спрямуванні усього стоку на очищення. Встановлено доцільність застосування методики розрахунку місткості регулюючого резервуара, яка базується на використанні гідрографа дощового стоку. Продемонстровано ефективність вибору оптимальних умов регулювання і перекачування дощових вод для випадку спрямування повного стоку дощових вод на очищення шляхом використання залежностей гідрографа дощового стоку на прикладі дощової каналізації фармакологічного підприємства.

1. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизованных территорий. М., С.-П. : 2000.
2. Молоков М. В., Шифрин В. Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М. : Стройиздат, 1977. С. 104.
3. Дикаревский В. С., Курганов А. М., Нечаев А. П., Алексеев М. И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л., Стройиздат, 1990.
4. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К. : Мінрегіонбуд України, 2014.
5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определение условий выпуска его в водные объекты. М. : Росстрой, ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006.
6. Вижевська Т. В., Уїздовський А. П. До визначення об'єму резервуара 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., м. Київ, Україна) НТУ «КПІ ім. І. Сікорського, Київ, 2017.

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

Vyzhevska T. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Piletskyi A. Y., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS TO REGULATE RAIN SEWAGE WHEN TREATING ITS TOTAL VOLUME

The article gives the peculiarities to design rain sewerage technological schemes and pump stations for the enterprises where the territories are polluted with specific toxic impurities. We have demonstrated the expediency of regulating reservoir volume calculation procedure using rain sewage hydrograph application. The analysis of parameters to regulate the rain sewage in the case of its full disposal to treat by pumping has been performed. The calculation of parameters to dispose the pharmaceutical enterprise rain sewage has been carried out using its hydrograph. The correlation study between the pump station and water treatment facilities capacities and regulating reservoir volume ensued the parameter dependence existence. Reservoir volume increasing leads the pump productivity like the water treatment facilities output decreasing. We have determined optimum productivity of pump station and rain sewage treatment facilities in accordance with optimum regulating reservoir volume as a result of correlation analysis of the enterprise rain

sewerage system.

Keywords: rain sewage, hydrograph, pump station, regulating reservoir.

Вижевская Т. В., к.т.н, доцент, Пилецкий А. Е., студент
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО СТОКА ПРИ ОЧИСТКЕ ВСЕГО ЕГО ОБЪЕМА

Выполнен анализ параметров регулирования дождевого стока при полном отведении его на очистку путем перекачивания насосами. Расчет параметров отведения дождевого стока предприятия выполнен с использованием гидрографа. Изучена корреляция производительности насосной станции, очистных сооружений и объема аккумулирующего резервуара.

Ключевые слова: дождевой сток, гидрограф, насосная станция, регулирующий резервуар.
