

$$\eta_{\text{рег}} = \frac{P_A}{P_B} \left(\frac{Q_B}{Q_A} \right)^2 < \left(\frac{Q_B}{Q_A} \right)^2, \quad (20)$$

оскільки $P_A < P_B$. Отже, $\eta_{\text{рег}}$ знижується приблизно квадратично від діапазону регулювання подачі D .

Під час електричного регулювання $\eta_{\text{рег}} = 1$, бо втрати енергії, зумовлені дроселюванням, відсутні.

Висновки. Як привід відцентрових вентиляторів рекомендується використовувати асинхронні частотно-керовані електромотори із короткозамкнутим ротором. Енергозатратне механічне регулювання в цих вентиляторах необхідно замінити на електричне. Встановлено, що втрати потужності під час електричного регулювання нижчі, ніж під час механічного.

1. Браславський І.Я., Ішматов З.Ш. Енергозаощадження завдяки регульованим асинхронним електроприводам // Ринок інсталяцій. – 2003. – №9. – С. 12–14. 2. Вахвахов Г.Г. Энергоснабжение и надежность вентиляционных установок. – М., 1989. 3. Венгльовський В. До вибору параметрів відцентрових помп систем теплопостачання: II Міжнародна наук.-практ. конференція. Управління енерговикористанням. – Львів, 1997. – С. 89. 4. Електричні машини та електропривід побутової техніки: Підручник / М.Г. Попович, Л.Ф. Артеменко, О.П. Бурмістенков та ін. – К., 2004. 5. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Аеродинаміка вентиляції: Навч. посібник. – Львів, 2003. 6. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы: Учеб. пособие для вузов. – М., 1987. 7. Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Справочное пособие / Б.А. Журавлёв, Г.Я. Загальський, Ф.Н. Гобза и др. – М., 1980. 8. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб и доп. – М., 1982. 9. Центральные кондиционеры: Каталог фирмы JUWENT. – Рукі (Польща), październik 2003. – 70 s. 10. Чабан В. Електротехніка: Навч. посібник. – Львів, 2002.

УДК 628.29

В. Жук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки та сантехніки

ЧАС ПОВЕРХНЕВОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ СТОКУ ДЛЯ ДОЩІВ ПОСТІЙНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ТА ЛІНІЙНИХ БАСЕЙНІВ СТОКУ

© Жук В., 2005

The main time parameter which one influences very strongly on the stormwater discharge is the time of surface runoff concentration. In the paper are obtained analytical and numerical expressions for calculating the surface concentration time for rains with the constant intensity for linear watersheds.

Вступ. Розрахунок мереж дощового водовідведення у вітчизняній інженерній практиці здійснюється за методом граничної інтенсивності [1]. Одним з найважливіших параметрів, що характеризують конкретний басейн стоку, є так звана розрахункова тривалість дощу або час концентрації стоку. Це – найдовший час, необхідний частинці рідини для проходження від найвіддаленішої з гідравлічної точки зору ділянки басейну стоку до розрахункового перерізу. Оскільки від значення часу концентрації стоку залежить максимальна витрата дощових вод, гідрограф притоку і весь наступний гідравлічний розрахунок мережі дощового водовідведення та споруд на них, то достовірне визначення цієї величини має принципове значення для адекватного науково обґрунтованого проектування систем дощового водовідведення.

1. Методика визначення часу концентрації дощового стоку

Час концентрації стоку t_r за визначенням знаходиться як сума тривалості протікання для всіх послідовно з'єднаних ділянок в напрямку руху атмосферних стічних вод: від найбільш віддаленої

точки басейну до розрахункового перерізу. Відповідно до вимог чинного в Україні нормативного документа [1] час концентрації стоку визначається за формулою

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (1)$$

де t_{con} – тривалість протікання дощових вод до вуличного лотка або за наявності дощоприймачів у межах кварталу – до вуличного колектора (так званий *час поверхневої концентрації*); t_{can} – те саме, по вуличних лотках до дощоприймачів (за відсутності їх у межах кварталу); t_p – те саме, по трубах до розрахункового перерізу.

Ця робота аналізує відомі і розробку нових підходів щодо визначення часу поверхневої концентрації дощового стоку. Час поверхневої концентрації згідно з [1] приймається для населених пунктів за відсутності внутрішньоквартальних закритих дощових мереж рівним 5–10 хв, а за їх наявності – 3–5 хв. Під час розрахунку внутрішньоквартальної водовідвідної мережі час поверхневої концентрації рекомендується приймати таким, що дорівнює 2–3 хв. Згідно з [2] на великих за площею кварталах точніше час поверхневої концентрації може бути знайдений як сума часу стікання по дахах і водостічних трубах для найбільш віддаленої будівлі (приймається таким, що дорівнює 0,5 хв) та часу протікання води по відкритих поверхнях без лотків.

У [3] для визначення часу поверхневої концентрації пропонується формула Л. Абрамова з перетвореннями Г. Шигоріна, яка проте не має широкого застосування на практиці:

$$t_{con} = \left(\frac{1,5n_1^{0,6} L_{con}^{0,6} 166,7^{0,5}}{z_{mid}^{0,3} i^{0,3} A^{0,5}} \right)^{1/(1-0,5n)},$$

де n_1 – коефіцієнт шорсткості поверхні; L_{con} – довжина шляху течії стічних вод; z_{mid} – коефіцієнт поверхні басейну стоку; i – похил поверхні; A , n – коефіцієнти, що задають закон зміни інтенсивності спадного степеневого дощу за методикою [1].

Визначення тривалості протікання дощового стоку по вуличних лотках до дощоприймачів рекомендується здійснювати за формулою [1–3]

$$t_{can} = 1,25 \sum \frac{L_{can}}{60V_{can}}, \text{ хв,}$$

де L_{can} – довжина ділянок лотків, м; V_{can} – розрахункова швидкість течії на ділянках, м/с; 1,25 – коефіцієнт, що враховує поступове збільшення швидкості руху дощових вод по довжині лотків за рахунок відповідного збільшення витрати дощових вод. При цьому швидкість V_{can} може бути наближено знайдена, наприклад за [2, дод. 8], залежно від ширини вулиці та наповнення лотка біля бортів проїжджої частини вулиць.

У нормативному документі, яким користуються у Службі охорони ґрунтів (SCS) США [4], як і у вітчизняних методиках, час концентрації стоку визначається як сума тривалості протікання поверхневого стоку від найвіддаленішої точки басейну до розрахункового перерізу, але при цьому розрізняють три принципово відмінні з гідравлічної точки зору типи потоків, для кожного з яких використовуються свої підходи до розрахунку: *плівковий потік*, *мілкий концентрований потік* та *потік у каналі*.

Вважається, що у верхів'ях басейну поверхневий стік утворює так званий *плівковий потік*. Для цього типу потоку коефіцієнт шорсткості n_1 (у формулі Павловського чи Маннінга) являє собою *ефективний коефіцієнт шорсткості*, тому що враховує не лише гідравлічну шорсткість поверхні, але й особливості падіння крапель дощу на поверхню, тертя на чистій поверхні, наявність перешкод у вигляді рослин, каміння тощо, а також ерозію ґрунту та транспортування завислих речовин. Значення ефективного коефіцієнта шорсткості плівкового потоку для різних типів поверхонь, зібрані та узагальнені Інґманом [5] і рекомендовані [4], наведені в табл. 1.

Ефективний коефіцієнт шорсткості для плівкового потоку

| № ч/ч | Опис поверхні | Значення n_l |
|-------|--|----------------|
| 1 | Гладкі поверхні (<i>бетон, асфальт, гравій або чистий ґрунт</i>) | 0,011 |
| 2 | Необроблені ґрунтові поверхні | 0,05 |
| 3 | Оброблені поверхні: рослини покривають менше 20 % площі | 0,06 |
| | рослини покривають більше 20 % площі | 0,17 |
| 4 | Трав'яне покриття: <i>короткі трави</i> | 0,15 |
| | <i>густі трави</i> | 0,24 |
| 5 | Природний степ | 0,13 |
| 6 | Ліси: <i>рідкий підлісок</i> | 0,40 |
| | <i>густий підлісок</i> | 0,80 |

Слід зауважити, що дані, наведені в табл. 1, є фрагментарними, опис поверхні задається чисто якісно. Як грубе наближення виглядає різкий скачок значення ефективного коефіцієнта шорсткості для оброблених поверхонь при площі рослинності менше і більше 20 %, тут спостерігається очевидна недостатність дослідних даних.

Кінематичний розв'язок рівняння Маннінга, отриманий Овертопом і Мідовсом [6], дає такий вираз для визначення тривалості протікання плівкового потоку:

$$t_{sh} = \frac{5,476(n_l L)^{0,8}}{P_2^{0,5} i^{0,4}}, \text{ хв}, \quad (2)$$

де t_{sh} – тривалість протікання плівкового потоку, хв; n_l – ефективний коефіцієнт шорсткості поверхні; L – довжина потоку, м; P_2 – висота шару опадів 24-годинного дощу з частотою повторюваності 2 роки; i – геодезичний похил місцевості, м/м.

Вираз (4) ґрунтується на таких припущеннях: плівковий потік є стаціонарний; коефіцієнт поверхні стоку незмінний в часі; вплив інфільтрації на час протікання – мінімальний. Плівковий потік поверхневого стоку, як правило, має довжину до 100 м і глибину – до 3 см [4]. Далі він трансформується у так званий *мілкий концентрований потік*.

Мілкий концентрований потік відповідно до [4] розраховується аналогічно, як і будь-який потік у відкритому руслі, наприклад, за формулою Маннінга

$$V = \frac{R^{2/3} i^{1/2}}{n_l}, \quad (3)$$

де R – гідравлічний радіус потоку, м.

Проте далі у нормативному документі [4] подається надто спрощена процедура розрахунку середньої швидкості: для удосконалених (водонепроникних) покриттів рекомендується приймати $n_l=0,025$, а гідравлічний радіус $R=6$ см, а для водопроникних поверхонь – відповідно $n_l=0,05$, $R=12$ см. При цьому в жодний спосіб не враховується збільшення середньої швидкості вздовж водного шляху, що реально має місце внаслідок збільшення об'ємної витрати дощового стоку в напрямку вниз по течії.

У зарубіжній інженерній практиці є також інші методи для визначення часу добігання поверхневого стоку до розрахункового перерізу, в яких не розглядаються окремо плівковий і мілкий концентрований потоки. Найпоширенішими серед цих підходів є методи FAA, Кірпіха (Kirpich) і Кербі (Kerby) [7, 8].

Метод FAA (Федерального управління авіації США) найширше використовується на практиці, оскільки він ґрунтується на застосуванні широко визнаного раціонального коефіцієнта для описання покриття басейну стоку. Американська спілка інженерів-будівельників (ASME) рекомендує саме цей підхід для визначення часу концентрації поверхневого стоку. Основна розрахункова формула за методом FAA:

$$t_{con} = k_1 \frac{(1,1-c)L^{0,5}}{(100i)^{1/3}},$$

де c – коефіцієнт поверхневого стоку за раціональним методом, який залежить від типу покриття; k_1 – сталий множник, що залежить від системи одиниць, що використовуються.

Методи Кірпіха та Кербі аналогічні до методу FAA у тому розумінні, що у них не враховується в явному вигляді вплив на час концентрації поверхневого стоку збільшення гідравлічного радіуса потоку, а отже, і швидкості течії в напрямку руху поверхневого стоку. Відрізняються вони лише коефіцієнтами та значеннями степенів біля довжини L і похилу i : за методом Кірпіха $t_{con} \sim k(L/i^{0,5})^{0,77}$, а за методом Кербі: $t_{con} \sim (Lr/i^{0,5})^{0,467}$, де k – множник Кірпіха, r – коефіцієнт запізнення.

Порівняльний аналіз методів FAA, Кірпіха та Кербі показує, що всі вони не враховують інтенсивності випадання дощу та зміну її в часі, помітна також велика різниця в показниках степеня біля довжини течії та похилу поверхні. В цілому ці методи ґрунтуються на конкретних емпіричних дослідженнях і мають вузькі області застосування лише для умов, близьких до тих, для яких вони були отримані.

Літературний огляд показав, що в нормативному документі [1] і в спеціальній вітчизняній літературі немає загальноприйнятих науково обґрунтованих методик для адекватного розрахунку часу поверхневої концентрації дощового стоку. Існуючі методики ґрунтуються на максимальному спрощенні процесу концентрації дощових вод з поверхні басейну стоку і не враховують багатьох важливих чинників, які обумовлюють цей процес.

Мета роботи – аналітичне та числове визначення часу поверхневої концентрації для лінійного басейну стоку та сталої в часі інтенсивності випадання дощу.

2. Аналітичне знаходження часу поверхневої концентрації для лінійного в плані басейну стоку та сталої в часі інтенсивності дощу

На час поверхневої концентрації стоку впливає велика кількість чинників: закон зміни інтенсивності випадання дощу, конфігурація та площа басейну стоку, величина та напрямок геодезичного похилу місцевості в різних точках басейну стоку, довжина траєкторії течії дощових вод, гідравлічна шорсткість поверхні, коефіцієнт поверхні басейну стоку тощо.

Для спадної ступеневої інтенсивності випадання дощу розв'язання задачі про знаходження часу поверхневої концентрації нашттовується на значні математичні труднощі. Для дощу ж сталої в часі інтенсивності можливий аналітичний розв'язок поставленої задачі за певних спрощень і припущень.

Визначимо час концентрації поверхневого стоку з прямокутного в плані басейну стоку значної довжини (рис. 1), тобто для так званої лінійної моделі концентрації. При цьому вважаємо, що похил поверхні в усіх точках басейну однаковий за величиною і напрямком, а коефіцієнт поверхні басейну z_{mid} однаковий в усіх точках і незмінний в часі.

За основне рівняння гідравліки поверхневого потоку приймемо формулу Шезі, в якій коефіцієнт Шезі визначається за формулою Павловського у точнішій постановці або за формулою Маннінга у наближеній постановці задачі. Тоді середня швидкість потоку

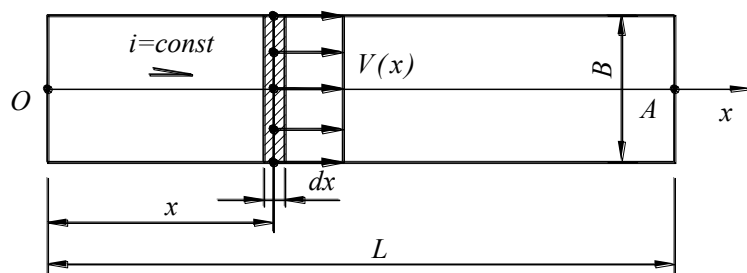
$$V = \frac{\sqrt{i}}{n_1} R^z, \quad (4)$$

де z – показник степеня, за Павловським:

$$z = 0,37 + 2,5\sqrt{n_1} - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_1} - 0,1), \quad (5)$$

а за Маннінгом $z=2/3$.

Гідравлічний радіус мілкового потоку великої ширини практично дорівнює глибині потоку ($R=h$). Отже, середня швидкість, окрім похилу та коефіцієнта шорсткості, залежить також від



незмінні в часі, то через деякий час, рівний часові поверхневої концентрації t_r , потік стає стаціонарним. Тоді витрата в розрахунковому перерізі формується поверхневим стоком з усього басейну стоку, що відповідає другому етапу на гідрографі притоку. Об'ємна витрата поверхневого стоку змінюється вздовж осі x за лінійним законом:

$$Q(x) = z_{mid} q_o B x ,$$

де q_o – інтенсивність випадання дощу, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

З іншого боку, з формули Шезі

$$Q(x) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} B h^{z+1} .$$

Враховуючи невелику глибину поверхневого стоку, тобто невеликий діапазон зміни гідравлічного радіуса потоку, можна наближено вважати коефіцієнт z сталим для всього басейну стоку. Після такого припущення можна записати

$$h(x) = \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{z+1}} . \quad (6)$$

Залежність середньої швидкості потоку по довжині басейну

$$V(x) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{z}{z+1}} . \quad (7)$$

Тоді час протікання поверхневим потоком елементарно малої ділянки завдовжки dx :

$$dt = \frac{dx}{V(x)} = \frac{n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{z}{z+1}} dx . \quad (8)$$

Інтегруванням виразу (8) по усій довжині басейну отримаємо аналітичний вираз для знаходження часу поверхневої концентрації стоку

$$t_{con} = \int_0^L \frac{dx}{V(x)} = (z+1) \frac{n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{z}{z+1}} \cdot L^{\frac{1}{z+1}} . \quad (9)$$

Тоді в частковому випадку для формули Маннінга

$$h(x) = \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{5}} ;$$

$$V(x) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{2}{5}},$$

а час поверхневої концентрації

$$t_{con} = \frac{5n_1}{3\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{2}{5}} \cdot L^{3/5}.$$

Важливим практичним показником є співвідношення швидкості в розрахунковому перерізі до середньої швидкості руху стоків. Середня на ділянці швидкість

$$V_{mid} = L / t_r = \frac{\sqrt{i}}{(z+1)n_1} \left(\frac{z_{mid} q_o n_1}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{z}{z+1}} \cdot L^{\frac{z}{z+1}}, \quad (10)$$

тоді як середня швидкість у розрахунковому перерізі визначається за (7) при $x=L$.

Співвідношення цих швидкостей

$$\frac{V_L}{V_{mid}} = z + 1. \quad (11)$$

3. Числове моделювання поверхневого стоку для лінійного в плані басейну стоку та сталої в часі інтенсивності дощу

Для перевірки припущення про неістотний вплив зміни коефіцієнта z на визначення часу поверхневої концентрації було виконано серію числових експериментів за описаною вище математичною моделлю з врахуванням залежності коефіцієнта z від глибини потоку.

На рис. 2 показані результати типового числового експерименту в безрозмірних координатах: залежність безрозмірних витрати, швидкості і глибини від відносної координати перерізу.

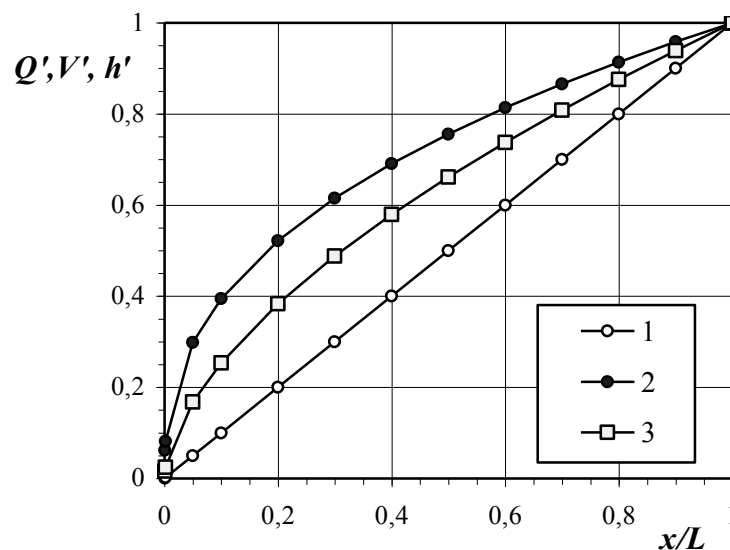


Рис. 2. Зміна безрозмірних витрати, швидкості та глибини поверхневого потоку:
1 – $Q'=Q/Q_L$; 2 – $V'=V/V_L$; 3 – $h'=h/h_L$ (індекс L відповідає кінцевому перерізу)

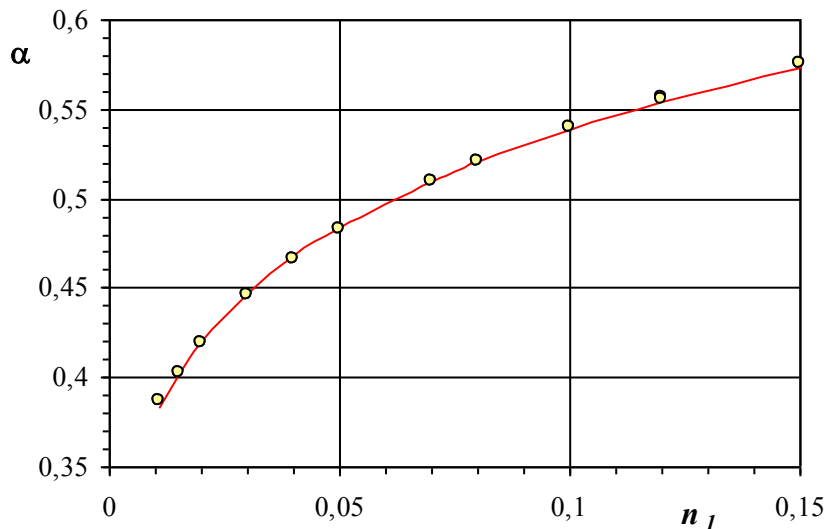
Розподіл безрозмірної швидкості добре описується степеневою залежністю виду

$$V(x)/V_L = (x/L)^\alpha, \quad (12)$$

де показник степеня α дуже залежить від коефіцієнта шорсткості n_1 і незначно – від похилу i (табл. 2, рис. 3).

Значення показника степеня α в залежності (12)

| n_l | 0,011 | 0,015 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,15 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| при $i=0,01$ | 0,3864 | 0,4027 | 0,4195 | 0,4457 | 0,4661 | 0,4830 | 0,5099 | 0,5210 | 0,5401 | 0,5560 | 0,5759 |
| при $i=0,1$ | 0,3864 | 0,4027 | 0,4196 | 0,4455 | 0,4658 | 0,4826 | 0,5095 | 0,5206 | 0,5397 | 0,5557 | 0,5757 |

Рис. 3. Залежність показника степеня α в рівнянні (12) від коефіцієнта шорсткості

Статистична обробка отриманих результатів дає незалежно від значення похилу поверхні таке апроксимаційне рівняння:

$$\alpha = 0,768 \cdot n_l^{0,154}. \quad (13)$$

У той самий час, відповідно до рівняння Маннінга, $\alpha=0,4$. Як бачимо, це узгоджується з результатами, які ґрунтуються на формулі Павловського, лише при $n_l=0,013-0,015$.

Відповідно зміна глибини поверхневого потоку по довжині задається рівнянням

$$h(x) / h_L = (x / L)^{1-\alpha}. \quad (14)$$

Числовий експеримент підтвердив припустимість використання отриманої аналітичної залежності (9) для знаходження часу концентрації поверхневого стоку. При цьому коефіцієнт z у першому наближенні може бути визначений за виразом

$$z^{(1)} = 0,37 + 2,5\sqrt{n_l}, \quad (15)$$

оскільки середня глибина потоку наперед невідома.

Далі, інтегруванням виразу (14) знаходимо середнє зважене значення глибини поверхневого потоку по площі басейну стоку

$$h^* = \frac{1}{L} \int_0^L h(x) dx = h_L / (2 - \alpha), \quad (16)$$

де h_L – глибина поверхневого потоку у розрахунковому перерізі; α – з виразу (13);

$$h_L = \left(\frac{z_{mid} q_o n_l L}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{1+z^{(1)}}}. \quad (17)$$

Остаточно уточнений коефіцієнт z можна знайти за формулою

$$z^* = 0,37 + 2,5\sqrt{n_l} - 0,75\sqrt{h^*}(\sqrt{n_l} - 0,1), \quad (18)$$

після чого можна знайти достовірне значення часу поверхневої концентрації за виразом (9), підставляючи замість наближеного уточнене значення z^* з формули (18).

Порівняння значень часу поверхневої концентрації за результатами числового моделювання і з використанням запропонованої теоретично обґрунтованої методики показує, що в діапазоні $q_o=10^{-7}$

$6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; $i=0,001-0,5$; $z_{mid}=0-1$; $L=10-1000 \text{ м}$ числові значення на 0,7–1 % менші, ніж обчислені за запропованою методикою. Як показав детальний аналіз реалізації числового розрахунку, це розходження більшою мірою пояснюється похибкою числового експерименту, що дає можливість стверджувати, що запропонована теоретична методика дає достовірні значення часу поверхневої концентрації для лінійних в плані басейнів стоку за усіх практично можливих значень сталої в часі інтенсивності дощу та характеристик поверхні. З іншого боку, чинником, який істотно впливає на значення часу поверхневої концентрації, є коефіцієнт шорсткості поверхні n_1 , тому достовірне визначення цього коефіцієнта для різних басейнів стоку має велике практичне значення для адекватної оцінки часу поверхневої концентрації.

На числовій моделі було досліджено також вплив різних чинників на відношення швидкості в розрахунковому перерізі до середньої швидкості течії поверхневого стоку. У результаті встановлено, що інтенсивність випадання дощу, довжина траєкторії течії, похил поверхні та коефіцієнт поверхневого стоку практично не впливають на це співвідношення, основний вплив на нього має коефіцієнт шорсткості поверхні. Результати числового експерименту показані на рис. 4. Як бачимо, залежність добре описується степеневою функцією

$$\frac{V_L}{V_{mid}} = 1,37 + 2,31 \cdot n_1^{0,494}. \quad (19)$$

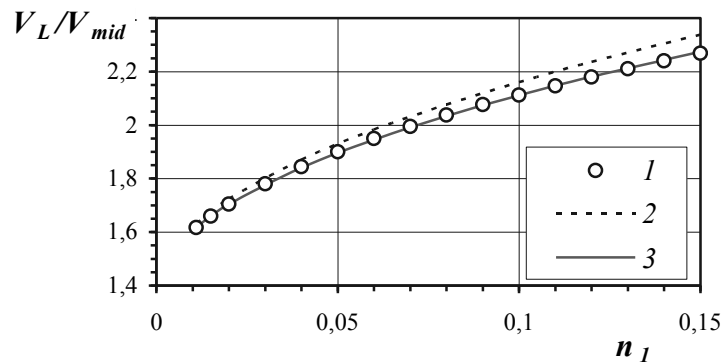


Рис. 4. Залежність відношення швидкості в розрахунковому перерізі до середньої швидкості від коефіцієнта шорсткості поверхні: 1 – результат чисельного експерименту; 2 – наближення

$$(z+1)=1,37+2,5 \sqrt{n_1}; \quad 3 - \text{апроксимація } (z+1)=1,37+2,31 n_1^{0,494}$$

Висновки. У роботі запропоновано методику визначення часу поверхневої концентрації дощового стоку з лінійних в плані басейнів стоку для дощів сталої в часі інтенсивності, який ґрунтується на врахуванні збільшення швидкості руху стічних вод вздовж траєкторії течії навіть за постійного похилу. Для описання зміни швидкості і глибини потоку використано формулу Павловського для коефіцієнта Шезі. Отримано аналітичний вираз для розрахунку часу поверхневої концентрації (9), який враховує інтенсивність дощу, коефіцієнт шорсткості, похил місцевості, коефіцієнт поверхні басейну стоку, довжину траєкторії, середній зважений по площі показник степеня z^* .

Числовий експеримент підтвердив достовірність виконаних теоретичних викладок, дав змогу розрахувати час поверхневої концентрації з більш чітким дотриманням умов прийнятої математичної моделі шляхом ітеративного уточнення показника степеня z у формулі Павловського. Отримано розподіл по довжині середньої швидкості течії потоку та його глибини, а також знайдено залежність відношення швидкості в розрахунковому перерізі до середньої швидкості по довжині як функції коефіцієнта шорсткості.

Показано, що в усьому діапазоні зміни інтенсивності дощу та характеристик басейну стоку значення часу поверхневої концентрації можна знаходити за теоретичною формулою (9) з врахуванням (15)–(18).

У майбутньому планується дослідити залежність часу поверхневої концентрації від вказаних вище параметрів для басейнів стоку нелінійної форми, а також для дощів зі спадним степеневим законом зміни інтенсивності.

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М., 1986. 2. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л., 1990. 3. Калишун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М., 1987. 4. Urban Hydrology for Small Watersheds // United States Department of Agriculture. Technical Release 55, 210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986. – 164 p. 5. Engman E.T. Roughness coefficients for routing surface runoff // Journal of Irrigation and Drainage Engineering 112 (1), 1986. – P. 39–53. 6. Overton D.E., Meadows M.E. Storm water modeling.– Academic Press. New York, NY, 1976. – P.58–88. 7. Chin D. Water-Resources Engineering.– Addison Wesley, 1999. – 750 p. 8. Corbitt, Robert A. Standard Handbook of Environmental Engineering. – McGraw-Hill Education, 1998.–1532 p.

УДК 697.94.(075)

В. Лабай, О. Омельчук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

АНАЛІЗ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІСЦЕВИХ АВТОНОМНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

© Лабай В., Омельчук О., 2005

In this article the definition of temperature conditions of work for the local autonomus air conditioners “Sanyo” has been described.

Постанова проблеми. Під час розв’язування завдань в області енергетичних перетворень, зокрема в холодильних машинах місцевих автономних кондиціонерів, необхідно враховувати те, що не будь-яка енергія і не за усіх умов може бути повністю придатна для технічного використання. Тому поняття енергії в цих випадках недостатнє. А мірою придатності будь-якого виду енергії, як відомо, і є *ексергія* [1, 2, 3], яка використана у цій роботі як інструмент аналізу роботи місцевих автономних кондиціонерів з метою визначення їх температурних умов функціонування.

Поняття ексергії істотно відрізняється від поняття енергії. Енергія пов’язана з фундаментальними властивостями матерії, а ексергія є лише частковим поняттям, яке характеризує перетворюваність, придатність енергії у цих умовах довкілля.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні місцеві автономні кондиціонери, які використовуються для створення відповідного мікроклімату у невеликих приміщеннях, досягли певного технічного вдосконалення. Для подальшого підвищення ефективності роботи цих кондиціонерів потрібний детальний аналіз їх функціонування.

Для цього авторами розроблений *ексергетичний* метод аналізу холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів, який є методом термодинамічного дослідження холодильної машини як в цілому, так і її окремих частин з метою отримання повної інформації про процеси перетворення енергії, що мають місце в таких системах [1, 2, 3]. Результатом проведення аналізу є знаходження ексергетичного коефіцієнта корисної дії (ККД) процесу в цілому та втрат ексергії в окремих елементах технічної системи.

Завдання досліджень. Метою цієї роботи є визначення оптимальних температурних умов роботи місцевих автономних кондиціонерів. Для цього потрібно встановити:

- залежність робочої холодопродуктивності кондиціонера від температури довкілля;
- залежність ексергетичного ККД кондиціонера від температури довкілля.

Це і було завданням досліджень.