

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ ВІТРУ ПРИ ПОЛИВАННІ ГАЗОНІВ

© Орел В. І., Поцюрко Н. М., 2017

Поливання газонів має повністю забезпечувати зрошення їхньої площі. Порівняно з відсутністю вітру, як попутний вітер, так і зустрічний, а також бічний змінюють траєкторію струменя води, який витікає з водовипуску поливного трубопроводу. Досліджено вплив бічного нормального повітряного потоку на траєкторію струменя води. Використовувалася модернізована короткоструменева експериментальна установка з низьконапірним насосом. Потік повітря створювався осьовим вентилятором. Підтверджено відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку та зменшення її довжини при дії повітряного потоку порівняно з його відсутністю, що узгоджується з літературними джерелами. Одержано лінійну залежність кута відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку залежно від швидкості бічного нормального повітряного потоку. Показано збільшення площі ділянки газону, яка не поливатиметься, при збільшенні швидкості бічного нормального повітряного потоку. Запропоновано оснащувати поливні установки блоком керування з метою повороту на певний кут для компенсації дії вітру при поливанні газонів.

Ключові слова: вітер, поливання газонів, повітряний потік.

V. Orel, N. Potsiurko*

Lviv Polytechnic National University,

Department of hydraulic and sanitary engineering,

*Lviv City Communal Enterprise "Lvivvodokanal"

RESEARCH OF WIND WHILE WATERING LAWNS

© Orel V., Potsiurko N., 2017

Watering lawns must completely provide irrigation of lawns' area. Compared with no wind, a tail wind and head wind and side wind alter the trajectory of the jet of water that comes out of the water outlets of irrigation pipeline. The influence of the side air flow at right angles to the trajectory of the jet of water on the deviation of trajectory straight direction was investigated. Upgraded the experimental setup with short jets and low-pressure pump was used. The air flow created by the axial ventilator. The deviation from the trajectory of the water jet straight direction and reduce the length of trajectory by the action of air flow versus no air flow are confirmed. It is consistent with published sources. The linear dependence of angle of the trajectory of the water jet straight direction depending on the velocity of side air flow at right angles to the trajectory of the water jet is obtained. Displaying increase the area of lawn areas that will not be watering by increasing the velocity of side air flow at right angles to the trajectory of the water jet. The irrigation setup equip with control unit is offered for the purpose of turning at a certain angle to compensate for the effect of wind when watering lawns.

Key words: wind, watering lawns, air flow.

Вступ. Поливання газонів має повністю забезпечувати зрошення їхньої площі. Часта повторюваність вітру в певному напрямку може відносити струмені води, які витікають з поливної установки, за межі ділянки поливання. Так, у м. Львові переважним вітром є ПдСх (табл. 1). Тому необхідно враховувати зміну швидкості та напрямку вітру.

Характеристики вітру в м. Львів [1, табл. 4]

Переважний напрям вітру, його повторюваність, %											
----- по місяцях											
Середня швидкість вітру, м/с											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
3,28	ПдСх, 29	ПдСх, 27	ПдСх, 19	ПдСх, 22	3,27	3,29	3,27	3,28	3,23	ПдСх, 25	3,27
4,0	4,0	4,1	3,7	3,2	3,0	2,8	2,6	2,9	3,4	4,0	3,9

Аналіз останніх досліджень. Траєкторія похилого струменя води з напором до 7 м є близькою до параболи [2]. Без урахування дії вітру максимальна дальність польоту частинок рідини має місце, як з урахування опору тертя в повітрі, так і без нього, при куті нахилу осі водовипуску трубопроводу до горизонту $\alpha = 45^\circ$ [3, с. 25]. Рух краплі в нерухомому повітрі можна розглядати для великокраплинних струменів води з діаметром крапель понад 0,5 мм [4].

Порівняно з повною відсутністю вітру зустрічний повітряний потік зменшує довжину траєкторії струменя води, а попутний – збільшує її [3; 81] (рис. 1). У першому випадку вітровий потік зносить струмінь води; під дією вітру струмінь відноситься в підвітряну сторону і не накриває горизонтальну свою проекцію [5]. При цьому зменшується площа ділянки поливання, відповідно поливання відбувається нерівномірно. Зміна кута α більше впливає на висоту Z струменя, ніж на його далекобійність L . У другому випадку вважають доцільним збільшити кут α , що призводить до збільшення далекобійності струменя [6]. Коли швидкість повітряного потоку є горизонтальною та не залежить від ординати, а також при лінійній залежності сили опору руху від цієї швидкості [3; 78], впливає, що висота струменя Z не залежить від наявності вітру, але абсциса точки екстремуму змінюється зі зміною швидкості [3; 79], як це було вказано вище.

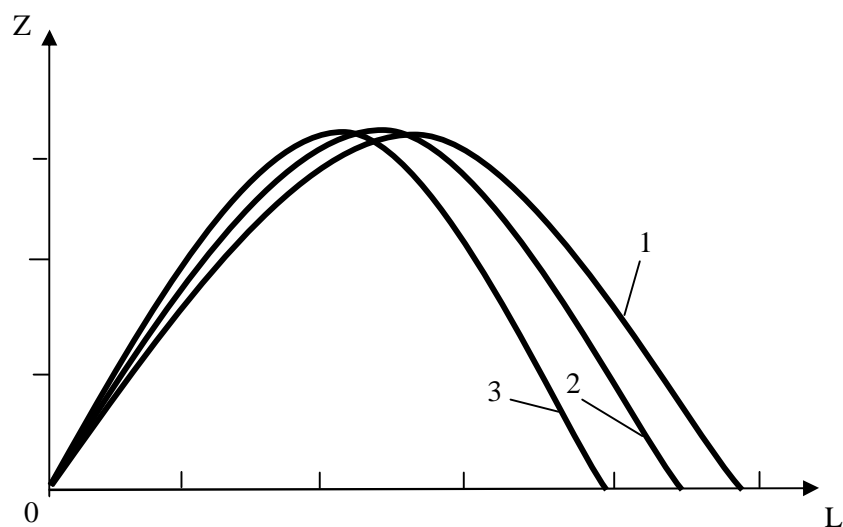


Рис. 1. Траєкторія струменя води:

1 – за попутного вітру; 2 – за відсутності вітру; 3 – за зустрічного вітру [3; 79]

При невеликій швидкості зустрічного вітру спостерігається поступове зменшення швидкості польоту краплі води ($V_0 \cdot \cos\alpha - U$), де V_0 – швидкість руху краплі без опору повітря; $V_0 \cdot \cos\alpha$ – горизонтальна проекція цієї швидкості; U – швидкість вітру [7; 49]. Зустрічний вітер зменшує дальність польоту струменя, і що більша різниця між швидкістю вітру та швидкістю польоту краплі води, то відчутнішим є їхній вплив один на одного. Однак, швидкість польоту крапель може бути меншою за швидкість зустрічного вітру. В цьому разі спостерігається значне зменшення дальності їх польоту (рис. 2, крива 2) [7; 49–50].

Розглянемо детально дію повітряного потоку. За відсутності вітру траєкторія струменю води набуває вигляду кривої 1 на рис. 2.

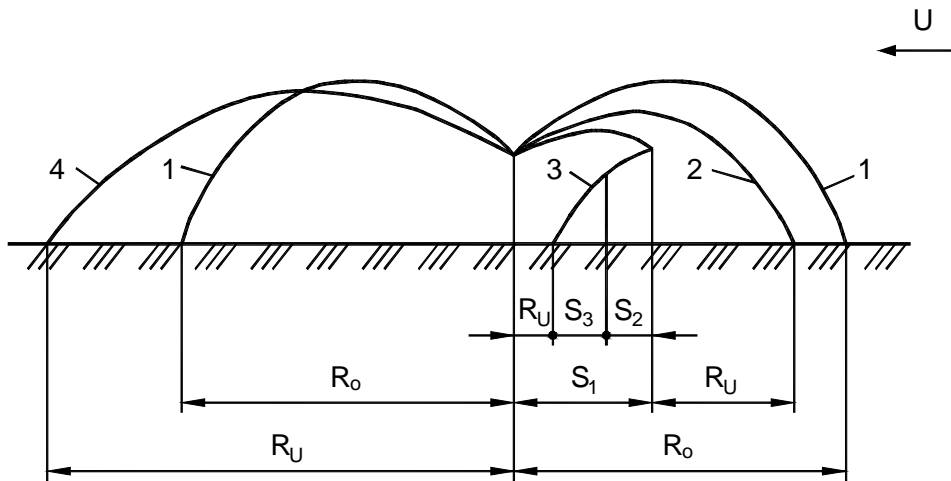


Рис. 2. Траєкторія струменя води залежно від напрямку і швидкості вітру при приповерхневому поливі дощувальною машиною “Фрегат”:

1 – за відсутності вітру; 2, 3 – за зустрічного вітру; 4 – за попутного вітру;
 R_0 – відстань польоту краплі води без дії вітру; R_U – відстань польоту краплі води при дії вітру;
 S_1 – відстань польоту краплі на першому етапі; S_2 – відстань польоту краплі на другому етапі;
 S_3 – відстань польоту краплі на третьому етапі [7; 50]

Зменшення швидкості польоту краплі відбувається більш інтенсивно при збільшенні швидкості зустрічного вітру (рис. 2, крива 3) [7; 50]. Політ краплі відбувається в три етапи. На першому етапі в певний момент часу горизонтальна проекція швидкості струменя води $V_0 \cdot \cos \alpha$ буде рівною швидкості вітру U . Абсолютна швидкість потоку дорівнюватиме нулю. Далі відбувається політ краплі в зворотному напрямку. Абсолютна швидкість краплі на другому етапі збільшується до швидкості вітру. На третьому етапі швидкість потоку краплі визначається швидкістю вітру [7; 50].

При польоті краплі попутно вітру розрізняють два етапи. Швидкість краплі при першому етапі зменшується до швидкості вітру, на другому – дорівнює швидкості вітру (рис. 2, крива 4) [7; 51].

При бічному вітрі траєкторія струменя води стає просторовою лінією [3; 80]. Коли повітряний потік є горизонтальним і перпендикулярним до вертикальної площини, що проходить через вісь водовипуску (площини витікання струменя) [3; 79], від швидкості бічного вітру залежить тільки абсциса чи ордината в горизонтальній площині (залежно від того, з якою віссю координат вектор швидкості вітру є колінеарним) [3; 80]. Ця координата визначає відхилення траєкторії від “плоского курсу”, а також впливає на дальність польоту частинок рідини [3; 80-81] (рис. 3).

Випадок дії повітряного потоку під довільним кутом до площини витікання струменя можна представити як дії зустрічного та бічного потоків [3; 81].

При поливанні дощуванням також використовують переривчасті струмені, коли сформовані струмені періодично розсікається лопатями. Далекобійність цих струменів є меншою, ніж “суцільних”. При зустрічному вітрі кут нахилу переривчастих струменів слід зменшувати, при попутному вітрі – навпаки [8], що є аналогічним, як і разі “суцільних” струменів [6].

Для зменшення впливу вітру при поливанні газонів рекомендують проводити поливання зверху вниз під кутом 45° [9]. Крім того, використовують спеціальні давачі вітру, які керують системою поливання залежно від швидкості вітру. При досягненні вітром встановленої швидкості давач вимикає систему поливу [10].

Метою дослідження є з’ясування впливу вітру на зміну площі ділянки поливання. Для досягнення поставленої мети необхідно реалізувати такі **завдання**: в лабораторних умовах дослідити дію повітряного потоку на траєкторію струменів води, які витікають з водовипусків поливної установки, та для натурних умов запропонувати рекомендації при поливанні газонів з урахуванням дії вітру.

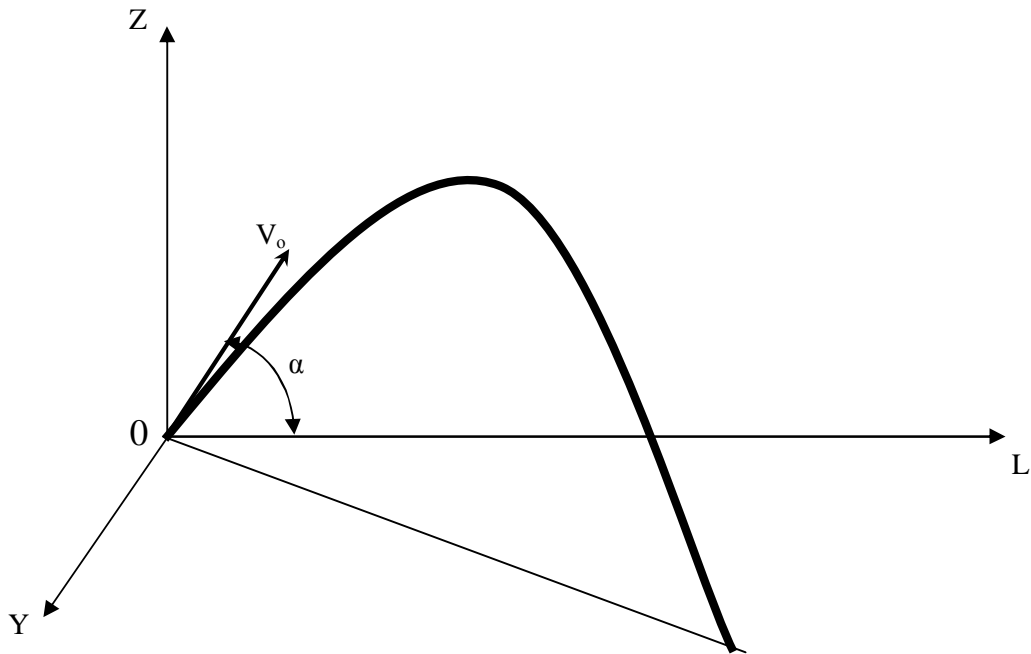


Рис. 3. Просторова траєкторія струменя води за бічного вітру [3; 80]

Експериментальна установка. Для дослідження впливу повітряного потоку на струмені води було модернізовано короткоструменеву експериментальну установку з низьконапірним насосом, запроєктовану [11] на базі НДЛ-27 кафедри гідравліки та сантехніки Національного університету “Львівська політехніка”, а саме: додано осьовий вентилятор (рис. 4). Вентилятор ВН-2 є однофазним, низького тиску, з робочим колесом – спрямовуючим апаратом; його габаритні розміри – $130 \times 130 \times 39,5$ мм [12].

Методика дослідження. Дослідження виконували при куті нахилу осей водовипусків до горизонту $\alpha = 45^\circ$ та при бічному повітряному потоці, нормальному до руху струменів води (рис. 4). Оскільки експериментальний трубопровід є з рівномірною дискретною шляховою роздачею рідини [11], то вимірювання проводили для першого водовипуску за рухом води в трубопроводі (рис. 4).

Дослідження проводили, згідно з [13], в такій послідовності:

1. Вмикали насос.
2. Знімали, за допомогою інфрачервоного пульту дистанційного керування [14, рис.30], покази таких параметрів насоса, як напір, подача, частота обертання вала, температура води, яка проходила крізь насос.
3. Нахиляли експериментальний трубопровід 4 (рис. 4) так, щоб водовипуск 3 утворював кут $\alpha = 45^\circ$ з площиною порівняння, яка проходила через вісь водовипуску в кінцевому його перерзі.
4. Контролювали кут α транспортиром.
5. Вимірювали довжину L та висоту Z траєкторії струменя води за допомогою металевої лінійки 1.
6. Встановлювали осьовий вентилятор 2 нормально до струменя води на певній відстані B від першого водовипуску.
7. Вимірювали відстань за допомогою металевої лінійки 1.
8. Вмикали осьовий вентилятор 2.
9. Повторювали дію за п.5.
10. Вимірювали відхилення A площі ділянки поливання від прямокутної за допомогою металевої лінійки 1.
11. Вмикали осьовий вентилятор 2.
12. Повторити дії за пп. 6–11 при іншій відстані B .
13. Вмикали насос.

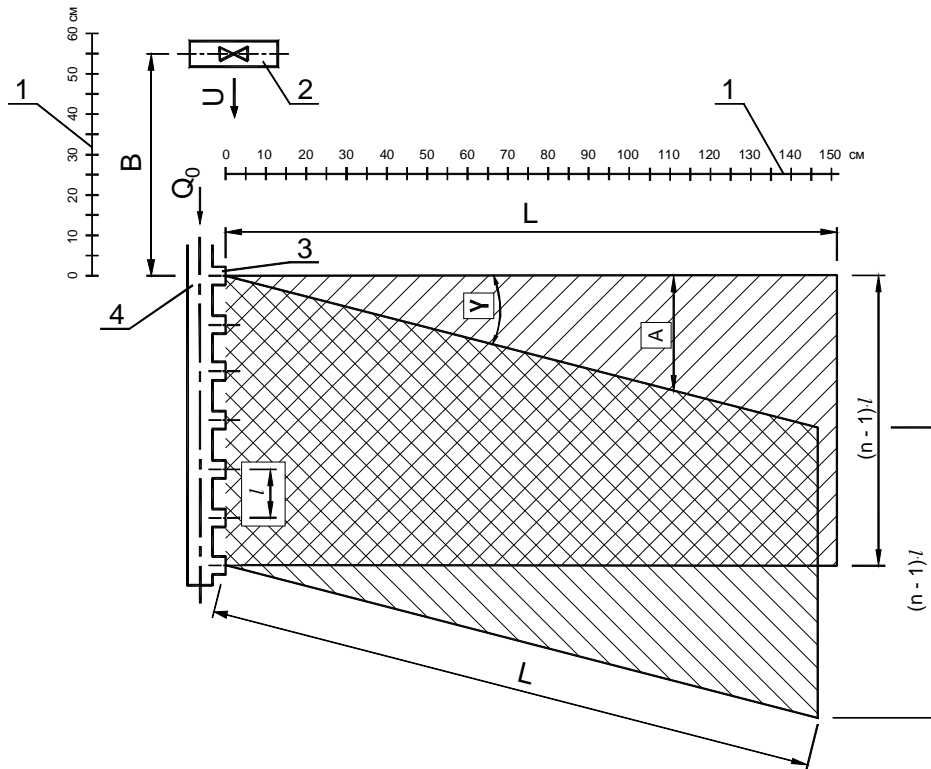


Рис. 4. Схема вимірювання площі ділянки поливання та довжини траєкторії струменя води при бічній дії вітру: 1 – металева лінійка; 2 – осьовий вентилятор; 3 – водовипуск; 4 – експериментальний трубопровід; Q_0 – витрата води на початку експериментального трубопроводу

Результати досліджень. Зміну швидкості U , м/с, повітряного потоку, який створює осьовий вентилятор 2, залежно від відстані B , м, від вентилятора до водовипуску 3 (рис. 4) апроксимовано формулою [15]:

$$U = 0,8036 \cdot B^2 - 1,8893 \cdot B + 1,74. \quad (1)$$

Вимірювання довжини горизонтальної проекції L та висоти Z траєкторії струменя води при дії повітряного потоку та відхилення A площі ділянки поливання від прямокутної форми проводили при куті нахилу експериментального трубопроводу до горизонту 45° та таких параметрах насоса: напір – 1,7 м, подача – $0,6 \text{ м}^3/\text{год.}$, частота обертання вала – 1750 об/хв., температура води – 14°C . Відстань від першого водовипуску експериментального трубопроводу до осьового вентилятора при його увімкненні була 0,21; 0,40; 0,60 м. Це відповідало, згідно з формулою (1), швидкостям повітряного потоку 1,4; 1,1; 0,9 м/с (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність $A = f(L_B)$

Ч/ч	Відстань від водовипуску до вентилятора B , м	Швидкість повітряного потоку U , м/с	Відхилення площі ділянки поливання від прямокутної форми $A = A_0 + k \cdot L_B$, м	Стандартне відхилення S	Коефіцієнт кореляції R
1.	0,21	1,4	$A = 0,21 + 0,17875 \cdot L_B$	0,00743	0,9909
2.	0,40	1,1	$A = 0,23 + 0,1422 \cdot L_B$	0,00394	0,9912
3.	0,60	0,9	$A = 0,21 + 0,08718 \cdot L_B$	0,0137	0,9196

Точність вимірювання металевою лінійкою оцінювали за відносною похибкою

$$\delta_L = \frac{\Delta L_{\text{л}}}{L_{\text{л}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $\Delta L_{\text{л}}$, $L_{\text{л}}$ – відповідно абсолютна похибка вимірювання лінійкою та відлік за шкалою лінійки.

При найменшій вимірній довжині $L_{л} = 120$ мм та ціні поділки металевої лінійки $\Delta L_{л} = 1$ мм одержали $\delta_L = 0,83$ %.

Графіки залежностей $Z = f(L)$ та $A = f(L)$ зображені відповідно на рис. 5 та рис. 6.

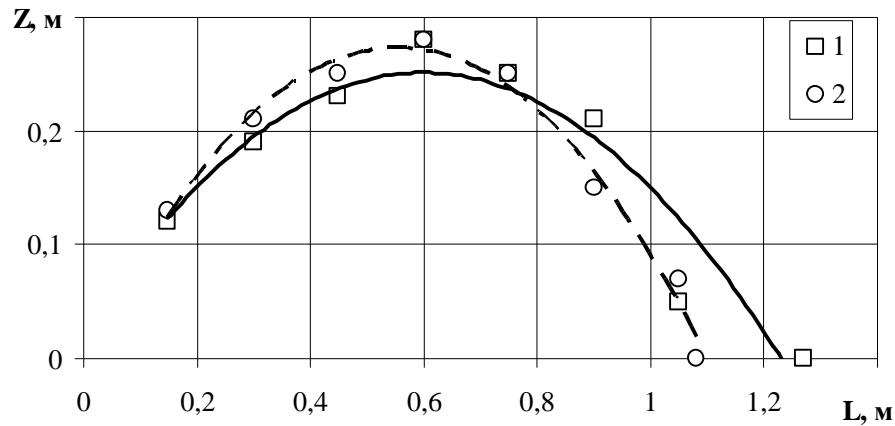


Рис. 5. Залежність висоти Z траєкторії струменя води від довжини L її горизонтальної проекції при відстані від водовипуску до вентилятора $B = 0,40$ м: 1 – за відсутності бічного нормального повітряного потоку; 2 – те саме, за наявності

З рис. 5 видно, що при дії бічного нормального повітряного потоку довжина траєкторії струменя води є коротшою порівняно з її відсутності. Це узгоджується з літературними даними [3].

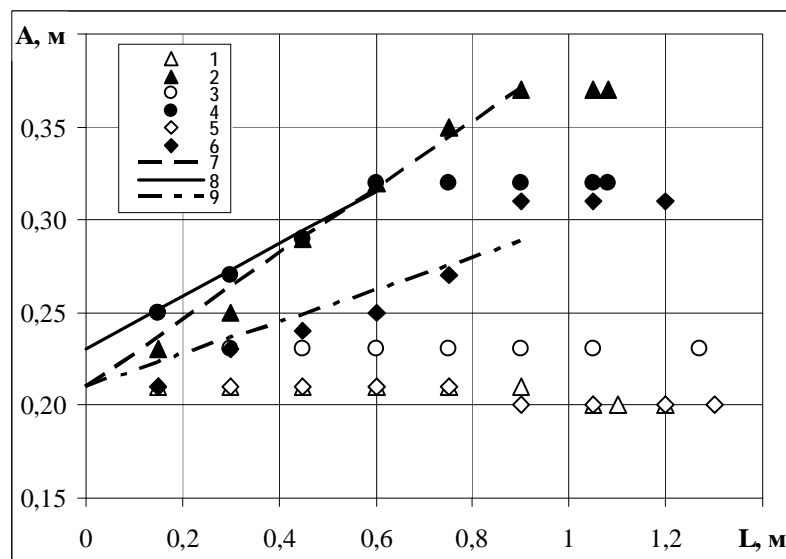


Рис. 6. Залежність відхилення A площі ділянки поливання від прямокутної форми від довжини L горизонтальної проекції траєкторії струменя води за відсутності (1, 3, 5) та наявності (2, 4, 6) бічного нормального повітряного потоку при відстані від водовипуску до вентилятора B , м: 0,21 (2); 0,40 (4); 0,60 (6); залежність $A = A_0 + k \cdot L_B$ (7–9)

Дію повітряного потоку, що його створював осьовий вентилятор, на відхилення горизонтальної траєкторії струменя води вважали до довжини L_B впливу вентилятора (табл. 3), коли точки залежності $A = f(L)$ на рис. 6 ставали паралельними до осі абсцис. Це пов'язано з шириною повітряного потоку, що його створює осьовий вентилятор, а саме з габаритними розмірами останнього.

Залежність $\gamma = f(U)$

Ч/ч	Відстань від водовипуску до вентилятора В, м	Довжина впливу вентилятора L_B , м	Кут відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку γ , градус
1.	0,21	0,90	10,1
2.	0,40	0,60	8,1
3.	0,60	0,90	5,0

Залежність $A = f(L_B)$ була апроксимована формулою:

$$A = A_0 + k \cdot L_B, \quad (3)$$

де A_0 – початкове відхилення траєкторії струменя води, який витікає з водовипуску; A_0 приймали як екстрапольоване значення A без дії повітряного потоку (рис. 6);

k – кутовий коефіцієнт, який враховує відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку при дії бічного нормального повітряного потоку.

Значення A_0 та k в формулі (3) наведені в табл. 2. За її даними було визначено кут відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку:

$$\gamma = \arctg(k). \quad (4)$$

Результати наведені в табл. 3. За даними табл. 2 та табл. 3 був збудований графік залежності $\gamma = f(U)$ на рис. 7. Ця залежність була апроксимована формулою (при $S = 0,9787$ та $R = 0,9246$):

$$\gamma = 6,922 \cdot U. \quad (5)$$

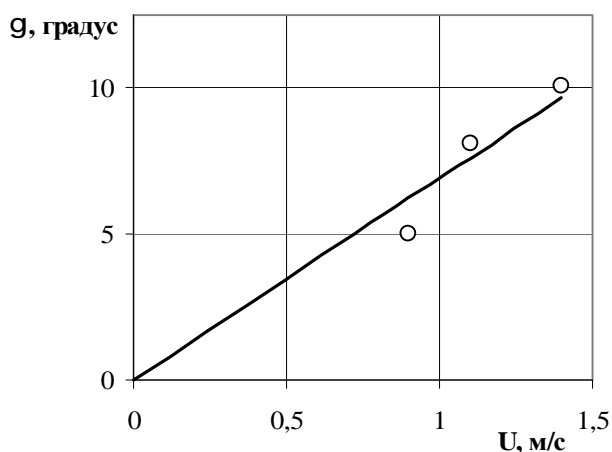


Рис. 7. Залежність кута γ відхилення траєкторії струменя води від швидкості U бічного нормального повітряного потоку

Згідно з рис. 4, площа, m^2 , ділянки, яка не поливатиметься при дії бічного нормального вітру:

$$F_{\Delta} \approx \frac{1}{2} \cdot L^2 \cdot \tg \gamma. \quad (6)$$

Як видно з формул (6) та (5), що більшою є швидкість бічного вітру, то більша площа газону не поливатиметься.

При поливанні дощуванням з рівномірною роздачею води з поливного трубопроводу площа ділянки прямокутної форми, m^2 [13] (рис. 4):

$$F_0 = L \cdot (n - 1) \cdot l, \quad (7)$$

де l – відстань між водовипусками на поливному трубопроводі, м; n – кількість водовипусків.

Тоді площа ділянки, яка поливатиметься при дії вітру,

$$F = F_0 - F_{\Delta}. \quad (8)$$

Тому для уникнення дії бічного вітру при поливанні газонів необхідно оснащувати установки блоком керування. Останній має враховувати відхилення струменів води від горизонтального напрямку поворотом установки на певний кут для компенсації дії вітру.

Висновки

1. Одержано відхилення траєкторії струменя води від прямолінійного напрямку та зменшення її довжини при дії бічного нормального повітряного потоку порівняно з його відсутністю, що узгоджується з літературними даними.

2. Одержано збільшення площі ділянки газону, яка не поливатиметься, при збільшенні швидкості бічного нормального повітряного потоку.

3. Запропоновано оснащувати поливні установки блоком керування для компенсації дії вітру при поливанні газонів.

1. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2010-12-16]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України). 2. Мандрус В. І. Проектування фонтанних струменів / В. І. Мандрус, В. І. Орел // Вісник Нац. ун-ту “Львів. політехн.”. Теорія і практика будівництва. – 2010. – № 664. – С. 88–92. 3. Ольшанський В. П. Технічна механіка рідинних пожежних струменів (навчальний посібник) / В. П. Ольшанський, В. М. Халипа. – Харків: Академія цивільного захисту України, 2004. – 133 с. 4. Виноградов А. Г. Розвиток наукових основ систем захисту працівників від потужних теплових випромінювань водяними завісами : Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.26.01 “Охорона праці” / А. Г. Виноградов. – Покровськ, 2017. – 40 с. 5. Козинская О. В. Влияние скорости и направления ветра на качество полива малогабаритными дождевальными машинами фронтального действия / О. В. Козинская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2011. – № 2 (22). – С.231–236. – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skorosti-i-napravleniya-vetra-na-kachestvo-poliva-malogabaritnymi-dozhdevальnymi-mashinami-frontalnogo-deystviya>. 6. Рашидов Р. Н. Качественные показатели полива дождеванием в условиях Апшерона / Р.Н. Рашидов // Известия аграрной науки. – 2011. – № 4, т. 9. – 6 с. – Режим доступу: <http://studydoc.ru/doc/2625988/azerbajdzhanskij-azerbajdzhanskij-nauchno>. 7. Надежкина Г. П. Совершенствование устройств приповерхностного полива дождевальной машины “Фрегат” : дисс. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Надежкина Галина Петровна ; ФГБОУ ВПО “Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова”. – Саратов, 2014. – 167 с. – Режим доступу: <http://limit.sgau.ru/files/pages/9006/14120630790.pdf>. 8. Севрюгин В. К. О влиянии ветра на дальность полета прерывных дождевальных струй / В. К. Севрюгин // Новая техника в эксплуатации оросительных систем Средней Азии и Казахстана: Сб. науч. тр. – Ташкент: САНИИРИ, 1975. – Вып. 145. – С. 81–86. 9. Мікроспреї C-Frame Downspray (CFd) – Landscape technologies. – Режим доступу: <http://landtech.com.ua/ukr/products/mikrosprei/CFd>. 10. Системи поливу – Акватерм. – Режим доступу: <http://www.aterm.com.ua/ru/sistemi-polivu.html>. 11. Orel V. Research of irrigation pipe-line for uniform distribution of liquid / V. Orel, A. Djakiv // Geodesy, Architecture & Construction: Proceedings of the 5th International Conference of Young Scientists GAC-2013. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2013. – Electronic edition on CD-ROM. – pp.134–135. 12. Вентилятор ВН-2 (ВН-2В): паспорт В2.964.014 ПС. – 4 с. 13. Vadym Orel. Research of Influence of Wind on Water Jets While Watering Lawns / Vadym Orel, Natalia Potsiurko // VI Міжнародний молодіжний науковий форум “Litteris et Artibus” / Матеріали. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 127–128. 14. GRUNDFOS instruction. UPE Series 2000. – 2003. – 240 p. 15. Барчук Ю. О. Експериментальна установка для дослідження швидкості повітряного потоку / Ю. О. Барчук, В. І. Орел, Н. М. Поцюрко // VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів “Вода в харчовій промисловості”: Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Одеса: ОНАХТ, 2017. – С. 98–100.

References

1. Budivel'na klimatolohiya [Building climatology]. (2011). DSTU-N B V.1.1-27:2010 from 16th December 2010. Kiev: National standard of Ukraine [in Ukraine].
2. Mandrus V.I. and Orel V. I. Proektuvannya fontannykh strumeniv [Designing Fountain Jets]. Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politehnika". Seriya "Teoriya i praktyka budivnytstva" – Theory and Practice of Construction. Visnyk (Official Gazette) of Lviv Polytechnic National University, 2010, No. 664, pp. 88-92.
3. Ol'shans'kyi V.P. and Khalypa V. M. Tekhnichna mekhanika ridynnykh pozhezhnykh strumeniv (navchal'nyy posibnyk) [Technical Mechanics of Liquid Jets Against Fire (Handbook)], Kharkiv, Akademiya tsyvil'noho zakhystu Ukrayiny, 2004, 133 p.
4. Vynohradov A. H. Rozvytok naukovykh osnov system zakhystu pratsivnykiv vid potuzhnykh teplovykh vyprominyuvan' vodyanymy zavisamy. Avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya dokt. tekhn. nauk : spets. 05.26.01 "Okhorona pratsi" [Development of scientific bases of systems of protection of workers against powerful thermal radiation by water curtains. Dr. eng. sci. thesis]. Pokrovs'k, 2017, 40 p.
5. Kozynskaya O. V. Vliyanie skorosti i napravleniya vetra na kachestvo poliva malogabaritnyimi dozhdvalnyimi mashinami frontalnogo deystviya [The Influence of the Wind Velocity and Direction at Quality of Irrigation Using Small Size Sprinkling Frontal Action Machines]. Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie – Science and higher professional education. Bulletin of Lower Volga agrouniversity complex, 2011, No.2 (22), pp. 231–236. [Online]. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skorosti-i-napravleniya-vetra-na-kachestvo-poliva-malogabaritnyimi-dozhdvalnyimi-mashinami-frontalnogo-deystviya>. (accessed: June 13, 2017).
6. Rashydov R. N. Kachestvennyie pokazateli poliva dozhdvaniem v usloviyah Apsheronu [Qualitative Indicators of Sprinkler Irrigation in the Conditions of the City of Apsheron], Yzvestyya ahrarnoy nauky – Annals of agrarian science, 2011, vol. 9, No. 4, 6 p. [Online]. Available at: <http://studydoc.ru/doc/2625988/azerbajdzhanskij-azerbajdzhanskij-nauchno>. (accessed: June 13, 2017).
7. Nadezhkina G. P. Sovershenstvovanie ustroystv pripoverkhnostnogo poliva dozhdval'noy mashiny "Fregat". Diss. ... kand. techn. nauk [Perfection of devices of near-surface irrigation of the sprinkler "Fregat". PhD Diss.]. Saratov, 2014, 167 p. [Online]. Available at: <http://limit.sgau.ru/files/pages/9006/14120630790.pdf>. (accessed: June 13, 2017).
8. Sevryugin V. K. O vliyanii vetra na dal'nost' poleta preryvnykh dozhdval'nykh struy [On the effect of wind on the range of discontinuous sprinkling jets]. Novaya tekhnika v ekspluatatsii orositel'nykh sistem Sredney Azii i Kazakhstana. Sbornik nauchnykh trudov – New technology in the operation of irrigation systems in Central Asia and Kazakhstan. Proc., Tashkent, 1975, Vol. 145, pp. 81–86.
9. C-Frame Downspray (CFd) – Landscape technologies. [Online]. Available at: <http://landtech.com.ua/eng/products/mikrosprei/CFd>. (accessed: June 13, 2017).
10. Irrigation systems – Akwaterm. [Online]. Available at: <http://aterm.com.ua/sistemi-polivu.html>. (accessed: June 13, 2017).
11. Orel V. and Djakiv A. Research of irrigation pipe-line for uniform distribution of liquid, in Proc. of the 5th International Conference of Young Scientists GAC-2013 (Geodesy, Architecture & Construction), Lviv, Lviv Polytechnic Publishing House, 2013, Electronic edition on CD-ROM, pp.134–135.
12. Ventilator VN-2 (VN-2V). Passport, 4 p.
13. Vadym Orel and Potsiurko Natalia. Research of Influence of Wind on Water Jets While Watering Lawns, in Proc. 6th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus", Lviv, Lviv Polytechnic Publishing House, 2016, CD-ROM, pp. 127–128.
14. GRUNDFOS instruction. UPE Series 2000, 2003, 240 p.
15. Barchuk Yu. O., Orel V. I., Potsiurko N. M. Eksperymental'na ustanovka dlya doslidzhennya shvydkosti povitryanoho potoku [Experimental setup to study the velocity of air flow]. Voda v kharchoviy promyslovosti. Zbirnyk tez dopovidey VIII Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv – Water in the food industry. Abstracts of papers of the 8th Ukrainian Scientific and Practical Conference, Odesa: ONAFT, 2017, pp. 98–100.