

## **Розрахунок параметрів відцентрових насадок для дощувальних машин**

В.Я. Калініченко, кандидат технічних наук

*Наведено дані розрахунків геометричних та гідравлічних параметрів відцентрових насадок для дощувальних машин коллової дії на базі ДМУ “Фрегат”. Визначено діаметри вихідного отвору та відстань між насадками.*

Забезпечення ефективного функціонування існуючих зрошувальних систем, їх реконструкція та створення нових систем – це комплекс наукових і технічних задач, які є загальнодержавними і підтверджується Указом Президента України № 670/98 “Про заходи щодо державної підтримки водогосподарського меліоративного комплексу”. На основі цього Указу прийнята галузева “Комплексна програма розвитку меліорації земель і поліпшення екологічного стану зрошуваних та осушених угідь у 2001–2005 роках і прогнозу до 2010 року” та виданий Закон України “Загальнодержавна підтримка водного господарства”.

Нинішня поливна техніка в Україні – це переважно широкозахватні дощувальні машини “Фрегат”, “Дніпро”, ДДА-МА, які ефективні при використанні на модулях зрошення площею 800–1200 га [2].

Сьогодні широке будівництво нових зрошувальних систем не передбачається, проте загальна потреба у дощувальній техніці значно перевищує її наявність. Тому гостро стоїть питання удосконалення дощувальної техніки та створення нових типів вітчизняних дощувальних машин [4]. Основні типи насадок на зрошувальних машинах – струминні. Але перспективними є відцентрові насадки.

Відцентровою називається насадка, в якій штучно створюється закрутка струменя рідини. Після виходу рідини із сопла під дією відцентрових сил створюється тонка конусоподібна пелена рідини, яка швидко розпадається на краплі. Відцентрові насадки (форсунки) мають широкий та порівняно короткий конус розпилювання [1]. Розпил відцентрових насадок більш тонкий, ніж у струминних. Все це призводить до зменшення зон розпилювання та випаровування. Але недоліком відцентрових насадок є їхня велика конструктивна складність та менша пропускна здатність порівняно зі струминними насадками.

За способом отримання закрутки потоку компонента відцентрові насадки поділяють на тангенціальні та насадки зі завихрителем.

У відцентровій тангенціальній насадці рідина надходить через один або декілька вхідних отворів, осі яких перпендикулярні осі насадки, але не пересікаються з нею. Іноді отвори виконують під гострим кутом до осі насадки. Як результат рідина отримує закрутку відносно осі насадки.

Розрізняють відкриті та закриті тангенціальні відцентрові насадки. У закритих тангенціальних насадках радіус сопла менше радіуса вихрової камери, у відкритих він дорівнює радіусу вихрової камери. У насадці зі завихрителем закрутка створюється за допомогою спеціального завихрителя, який має гвинтову нарізку на зовнішній поверхні. Рухаючись по гвинтовій нарізці, рідина приймає закрутку відносно осі насадки.

Робота насадки [1]. У відцентровій тангенціальній насадці рідина надходить до неї через вхідний отвір, який має радіус  $r_{ex}$ , зі швидкістю  $V$ . Цей отвір розташований у такий спосіб, що вісь його дотична до окружності радіуса з центром, який знаходиться на осі сопла насадки. Завдяки такому входу рідина через порожнину надходить до сопла насадки, обертаючись. Розглянемо струмінь рідини, яка, рухаючись по форсунці, попала до сопла на відстані  $r$  від її осі.

Якщо знехтувати дією сил тертя, то момент кількості руху рідинної частинки відносно осі насадки має зберігати постійне значення на всьому шляху від входу до виходу зі сопла

$$V_{ex} R_{ex} = V_u r,$$

де  $V_u$  – колова швидкість руху частинки рідини в соплі на відстані  $r$  від його осі.

Можна вважати, що в середньому для всіх струменів момент кількості руху рідини, який був отриманий у вхідному отворі, однаковий. Тому швидкість залежить від радіуса, на який попадає ця струмка в соплі,

$$V_u = V_{ex} R_{ex} / r$$

Нехтуючи незначною різницею в рівнях розташування вхідного та соплового отворів, тиск у струмені рідини можна визначити за рівнянням Бернуллі

$$\frac{P_{ex}}{\gamma} + \frac{V_{ex}^2}{2g} = \frac{P}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} + \frac{V_u^2}{2g} = const, \quad (1)$$

де  $P_{ex}$  – тиск рідини у вхідному отворі;  $V_{ex}$  – швидкість входу рідини у насадку;  $V_u, V_a$  – відповідно тангенціальна та осьова складові швидкості рідини на виході з насадки.

Позначивши повний перепад тиску на насадці через  $\Delta P_\phi$  та виразивши його через напір  $H$ , отримаємо, що

$$\frac{\Delta P_\phi}{\gamma} = H = \frac{P_{ex}}{\gamma} + \frac{V_{ex}^2}{2g} = const. \quad (2)$$

Після цього з рівнянь (1) та (2) розрахуємо

$$\frac{P}{\gamma} = H - \left( \frac{V_a^2}{2g} + \frac{V_u^2}{2g} \right). \quad (3)$$

У дійсності в насадці відбувається таке. Із наближенням рідини до осі насадки швидкість буде збільшуватись, а тиск падати, але тільки до тих пір, доки він не стане рівним тиску зовнішнього середовища, в яке витікає рідина. Наступне зменшення тиску в центральній області течії неможливе. Оскільки однією своєю основою ця область виходить крізь сопло в навколишнє середовище, центральна частина насадки не буде заповнена рідиною. Течія рідини по соплу форсунки буде здійснюватися не через весь переріз, а тільки

через кільцевий, внутрішній радіус котрого дорівнює радіусу рідинного вихоря, а зовнішній – радіусу сопла.

Цей переріз будемо називати живим перерізом сопла форсунки. Його площа

$$f_{жс} = \pi(r_c^2 - r_m^2).$$

Витрата через сопло насадки

$$Q = f_{жс} V_a = V_a \pi(r_c^2 - r_m^2) = V_a \pi \varphi r_c^2,$$

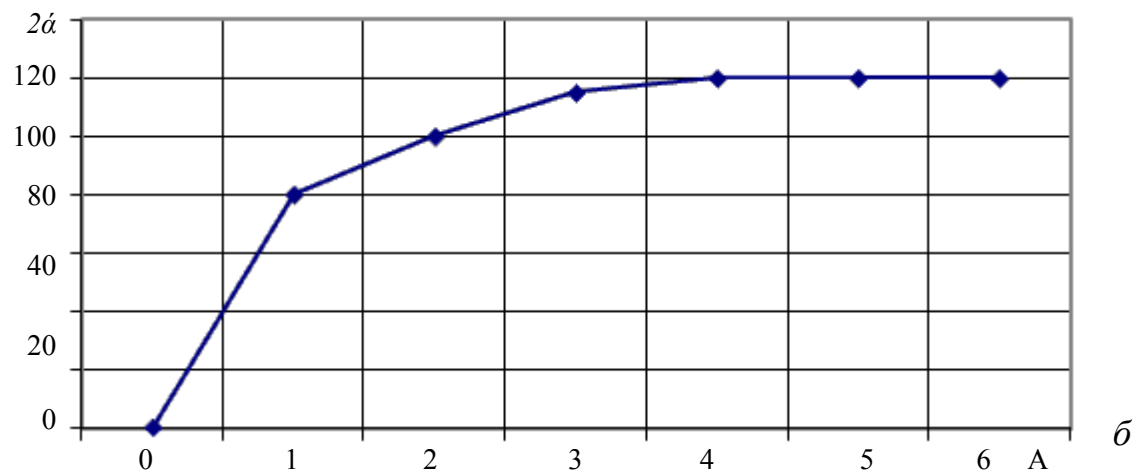
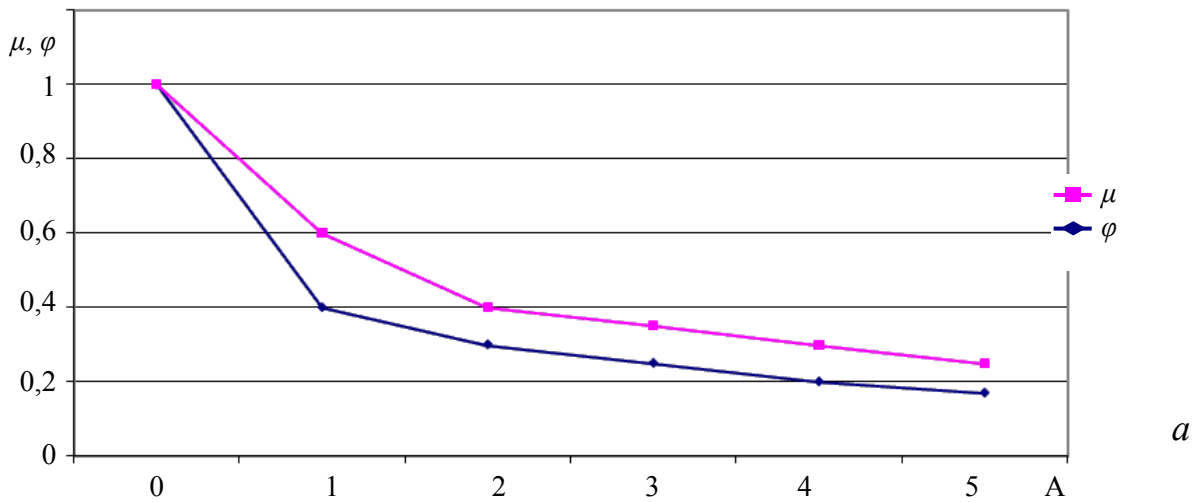
де  $\varphi$  – коефіцієнт живого перерізу.

Зрозуміло, що

$$\varphi = 1 - r_m^2 / r_c^2.$$

Важливішим параметром відцентрової насадки є геометрична характеристика  $A$

$$A = R_{bx} \frac{r_c}{r_{bx}}. \tag{4}$$



*Залежність від характеристики насадки A: а – коефіцієнтів  $\mu$  і  $\varphi$ ; б – кута розпилю  $2\alpha$*

Приймаємо  $A = 1$ . Згідно з графіками зміни  $\mu$ ,  $\varphi$  та  $2\alpha$  (рисунок) залежно від характеристики  $A$  приймаємо:

коефіцієнт витрати  $\mu = 0,4$ ;

коефіцієнт живого перерізу  $\varphi = 0,6$ ;

кут  $2\alpha = 80$ .

Витрата через насадку дорівнюватиме

$$Q = \mu\varphi S_{\phi} \sqrt{2gH}.$$

У нашому випадку загальна витрата машини  $Q = 90$  л/с. Із літературних джерел [3] відомо, що радіус розпилу відцентрової насадки можна визначити за формулою Гавиріна

$$R = 0,415(\alpha^2 d H^2)^{0,5},$$

де  $H$  – напір на виході з форсунки;  $d$  – діаметр насадки, мм;  $\alpha$  – кут нахилу струменя до горизонту, рад.

У першому наближенні для  $d = 10$  мм радіус дорівнюватиме  $R = 9$  м. Тому приймаємо відстань між перерізами дощувальної машини по трубопроводу  $L = 9$  м, при цьому відстань від гідранта до першого перерізу 8 м. Маємо 48 насадок та кінцевий дощувальний апарат.

Визначимо площу, яку поливає насадка в  $i$ -тому перерізі

$$S_i = \pi [(L_i + 4,5)^2 - (L_i - 4,5)^2],$$

де  $L_i$  – відстань від гідранта до  $i$ -того перерізу, м.

Загальна площа, яку поливає машина, становить 59 га. На одиницю площі припадає  $Q_l = 0,00014$  л/с/м<sup>2</sup>. На  $i$ -ту ділянку  $Q_{\phi i} = Q_l S_i$ .

Втрати напору визначимо як суму втрат у трубопроводі з шляховою витратою і втратами на рух машини

$$h_w = 1,1 S_0 L Q^2 / 3 + h_{\text{маш}},$$

де  $S_0$  – питомий опір трубопроводу, с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>;  $L$  – конструктивна довжина дощувальної машини, м;  $Q$  – витрата машини, м<sup>3</sup>/с;  $h_{\text{маш}}$  – втрати на рух машини, м.

Напір у кожному перерізі буде рівними

$$H_i = H - h_{wI},$$

де  $H$  – напір на гідранті;  $h_{wI}$  – втрати напору до  $i$ -того перерізу.

Далі розраховуємо площу перерізу насадки:  $S_{\phi i} = q / [\mu \varphi (2 g H_i)^{0,5}]$ . Звідси визначаємо діаметр насадки:  $D_{\phi i} = (4 S_{\phi i} / \pi)^{0,5}$ .

Швидкість потоку, що витікає з насадки, рівна  $V = q / s$ . Радіус розпилу визначимо з формули

$$R = H_i (2 h_{\phi} / g),$$

де  $h_{\phi}$  – висота насадки над поверхнею ґрунту.

У реальних умовах на радіус розпилу впливає опір повітря, який зменшує радіус на 10–20 %. Приймаємо коефіцієнт зменшення радіуса 0,85. Звідси радіус розпилу  $R = 0,85 H_i (2 h_{\phi} / g)$ .

*Проведені гідравлічні розрахунки дощувальних насадок типу відцентрових форсунок. Встановлені основні параметри дощувальних насадок: на 229 м трубопроводу їх припадає 38 шт. з діаметром 0,0009–0,0094 м та з витратою від 0,004 до 0,378 л/с. Відцентрові насадки забезпечують дрібне дисперсне дощування, що дозволяє створити сприятливі умови для розвитку рослин (підвищити вологість, знизити температуру повітря, підтримувати на*

*оптимальному рівні вологість в активному шарі ґрунту і т.ін.) і забезпечити оптимальний водний режим рослин.*

### ***Бібліографія***

1. *Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели / М.В. Добровольский. – М. : Машиностроение, 1968. – 396 с.*
2. *Сапунков А.П. Применение дождевальной техники: современные тенденции / А.П. Сапунков. – М. : Агропромиздат, 1991. – 126 с.*
3. *Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. – К. : Вища школа, 1984. – 344 с.*
4. *Шейкин Г.Ю. Совершенствование способов и техники орошения / Г.Ю. Шейкин // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 4. – С. 34–40.*