

Получена: 11.10.2017 г.

Приета: 25.11.2017 г.

ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪРХУ РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА ИЗКУСТВЕНИЯ ДЪЖД ПО РАДИУСА В ЗАВИСИМОСТ ОТ ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ДЮЗАТА ПРИ СРЕДНОСТРУЙНИ ДЪЖДОВАЛНИ АПАРАТИ

Д. Вълчев¹, Н. Гаджалска²

Ключови думи: напояване, дъждовална техника, дъждовални апарати

РЕЗЮМЕ

На базата на проведени опити със средноструйни дъждовални апарати в лабораторни и лабораторно-полски условия при „тихо време” са установени разпределенията на дъжда по радиуса в зависимост от геометричните параметри на дюзата (размер и ъгъл на скосеност) при промяна на работния напор.

Изведени са зависимости за коефициента на водното количество и радиуса на обхват при различни размери на дюзите и ъгъл на скосеност на струята и са анализирани получените профили на разпределението по радиуса.

Получените зависимости могат да бъдат използвани при определяне на схемите на разположение на дъждовалните апарати за постигане на по-добра равномерност.

1. Въведение

Високите енергийни разходи при дъждуване на земеделските култури ограничават до известна степен прилагането на този вид напояване, особено през последните години при непрекъснато увеличаващата се цена на ел. енергията. Стремежът на изследователите е да се намалят тези разходи чрез подобряване на качеството на дъждуването и по-ефективно използване на поливната вода. От съществено значение за това е промяна-

¹ Даниел Вълчев, инж. „Аква топ“, София, ул. „Т. Бурмов” № 4, e-mail: valchev_daniel@abv.bg

² Нели Гаджалска, доц. д-р, ИПАЗР „Н. Пушкиров”, София, ул. „Шосе Банкя” № 3,
e-mail: Gadjalska@abv.bg

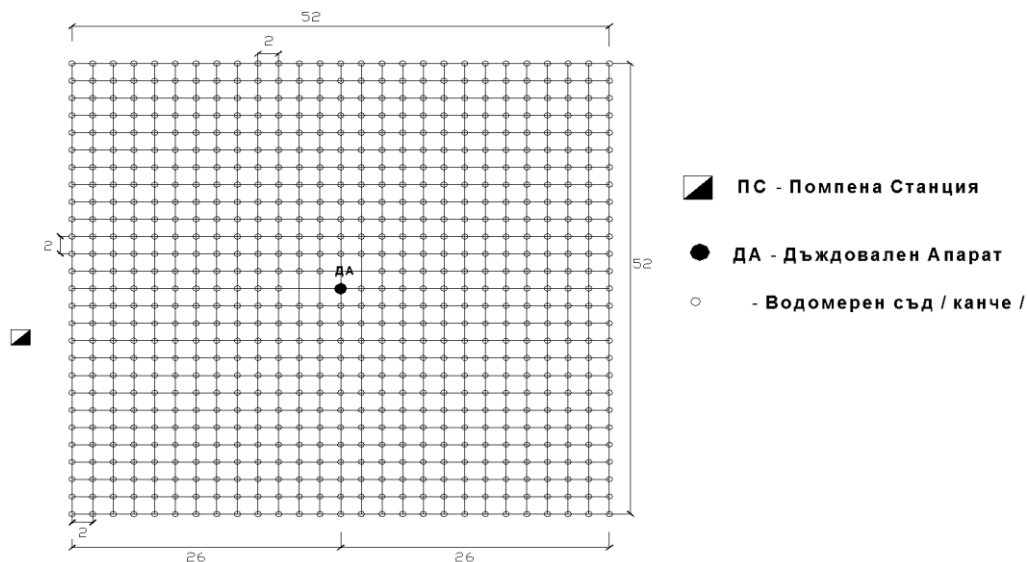
та на някои конструктивни параметри на дъждовалните апарати, като по този начин се постига по-добро разпределение на изкуствения дъжд върху напояваната площ.

2. Материали и методи

Целта на настоящото изследване е да се установи връзката между конструктивните параметри на дъждовалния апарат (диаметър на дюзата и нейния ъгъл на скосеност) и разпределението на дъжда по радиуса. За постигане на тази цел са проведени натурни наблюдения в полски и лабораторни условия, с цел получаване на зависимости в графичен и табличен вид между параметрите на дюзата и съответния характер на разпределение на дъжда, наричан по-нататък профил.

2.1. Опитна постановка при полски условия

Експерименталните изследвания са проведени съгласно приетата методика на изследването по метода на водомерните съдове при ортогонална схема на разположение с размери 52×52 метра. Водомерните съдове са на разстояние 2 метра един от друг. За коректно и точно провеждане на опита, опитната площадка е оборудвана още с пружинен манометър за следене на работното налягане по време на опита, водомер за определяне на подаденото водно количество и анемометър за измерване на моментната скорост на вятъра [1, 2]. Схемата на опитната площадка е дадена на фиг. 1.



Фиг. 1. Схема на опитна постановка при изследване на дъждовални апарати по метода на водомерните съдове

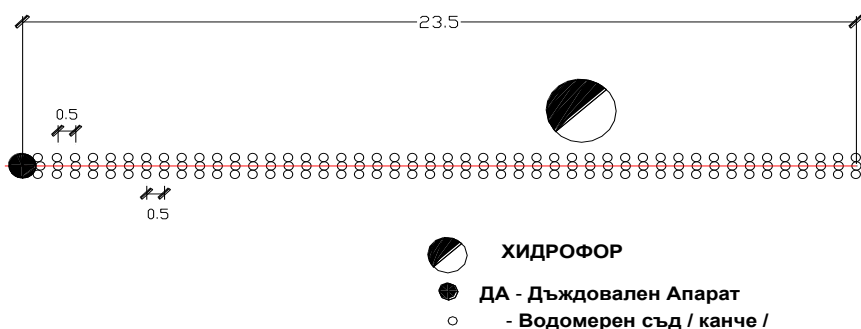
Водомерните съдове са с вместимост 1000 cm^3 и площ на отвора 100 cm^2 . Средната продължителност на опитите е 60 минути в съответствие с методиката за изпитване на средноструйни дъждовални апарати, която е съобразена с необходимото време за напълване на съдовете с достатъчно водно количество, необходимо за получаване на достовер-

на информация за интензитета на изкуствения дъжд. Опитите са проведени при тихо време, т.е. при скорост на вятъра от 0 до 0,50 m/s [3]. По време на опита през интервал от 20 минути се отчита скоростта на вятъра с помощта на чашачен анемометър и се записва.

След всеки опит се установява площното разпределение на поливната норма във функция на параметрите на дюзата, след което се изследват радиусът на обхват и разпределението на изкуствения дъжд.

2.2. Опитна постановка при лабораторни условия

Дъждовалният апарат се поставя в началото на „лъчева схема“ като водомерните съдове са наредени по периферията на дъга с радиус, зависещ от разстоянието им до дъждовалния апарат. Канчетата са по три на дъга и са едно до друго с цел да се улови целия факел на струята, разстоянието между всяка група канчета по радиуса на дъждовалния апарат е 0,50 m, като дължината на целия лъч е 23,50 m [1]. На фиг. 2 е показана схемата на опитната постановка.



Фиг. 2. Схема на опитната постановка при изследване на дъждовални апарати при лабораторни условия

Провеждането на опита се състои в следното: дъждовалният апарат е застопорен, но със свободно работещ задвижващ механизъм, като средната продължителност на всеки опит е 5 минути. След всеки опит се установяват радиусът на обхват и формата на профила.

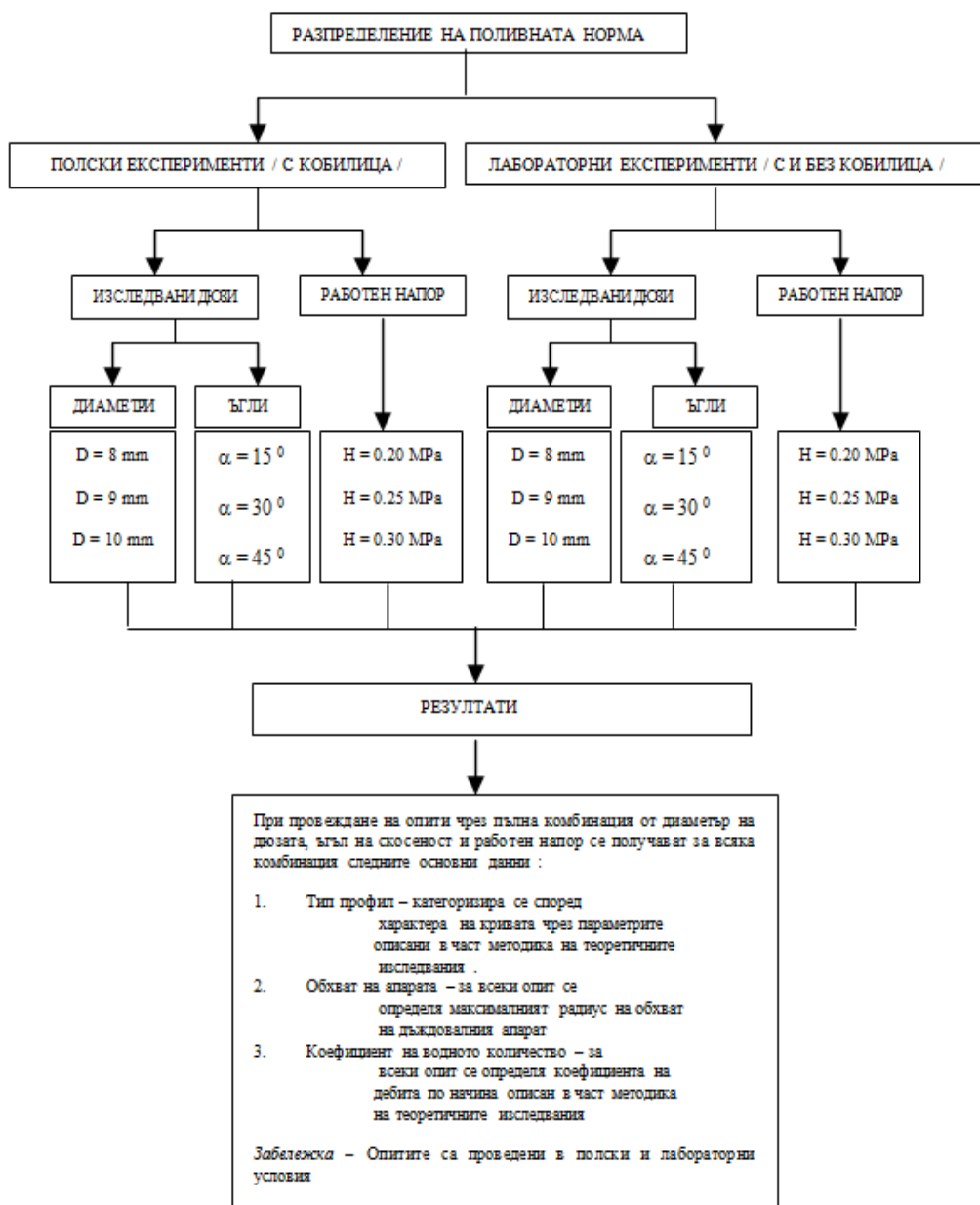
За нуждите на експерименталните изследвания са използвани средноструйни дъждовални апарати – „Сила 30“ (български) и „Jolly“ (италиански на фирма Sime).

Основни технически параметри на дъждовалните апарати, използвани в експерименталните изследвания, са:

- ДА „Сила 30“ – дюзи 8, 9 и 10 mm, работен напор 0,2 – 4,5 МРа, дебит – 0,96 – 4,21 l/s и ъгли на скосеност 15, 30 и 45 градуса;
- ДА „Jolly“ – дюзи 8, 9 и 10 mm, работен напор 0,15 – 0,5 МРа, дебит – 1,3 – 5,17 l/s и ъгли на скосеност 15, 30 и 45 градуса.

Всяка дюза е изследвана с три работни налягания, което прави по 27 броя опити за всеки апарат от серия.

На фиг. 3 е дадена принципна схема на проведените опити с всеки дъждовален апарат.

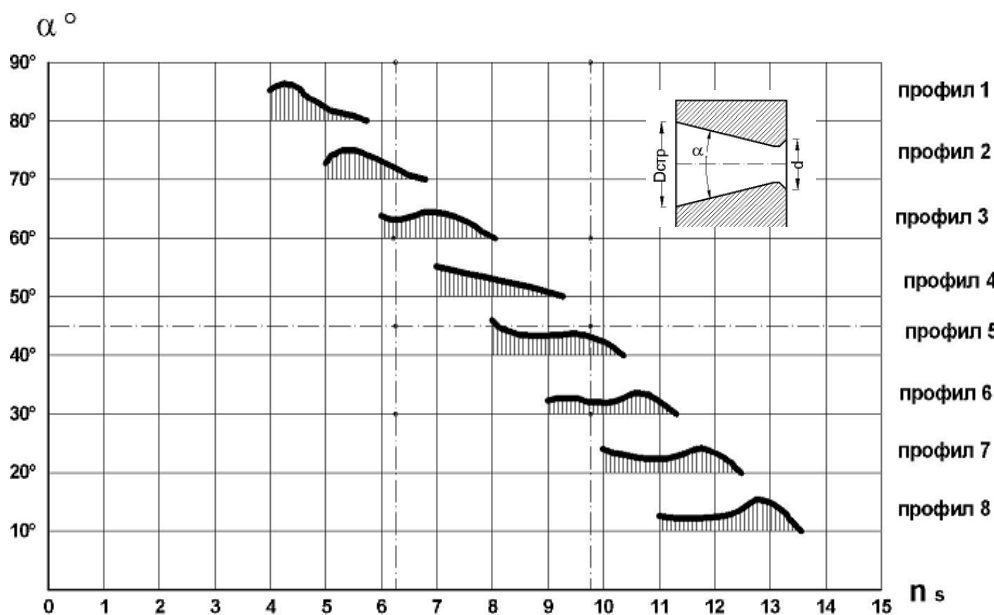


Фиг. 3. Блок схема на изследването на дъждовалните апарати

От установените площни разпределения са получени усреднени разпределения по радиуса.

Окончателните профили са средни между получените от полските експерименти и тези от изследванията в лабораторни условия. След получаването на профилите, същите се отнасят към някои от дефинираните типови профили от Кристиансен (фиг. 4) [3 – 7]. Определят се от всеки опит максималният радиус на обхват на дъждовалния апарат и ко-ефициентът на водното количество.

На базата на получените резултати от опитите са изведени експериментални зависимости между коефициента на водното количество и изследваните параметри (диаметър на дюзата, ъгъл на скосеност и напор) и връзката между радиуса на обхват и описаните параметри, като резултатите са илюстрирани графично.



Фиг. 4. Типови профили в зависимост от ъгъла и степента на скосеност на струята

Определена е степен на скосеност на струята (n_s) за двата изследвани дъжовални апарата с диаметри на струйниците съответно: за ДА „Сила 30“ – $D_{стр.} = 25$ mm, а за ДА „Jolly“ – $D_{стр.} = 24$ mm (формули 1 и 2).

- ДА „Сила 30“ – $d = 8, 9$ и 10 mm:

$$n_s = \left(\frac{D_{стр.}^2}{d^2} \right), \quad n_s = \frac{25^2}{8^2} = 9,77, \quad n_s = \frac{25^2}{9^2} = 9,72, \quad \text{и} \quad n_s = \frac{25^2}{10^2} = 6,25; \quad (1)$$

- ДА „Jolly“ – $d = 8, 9$ и 10 mm:

$$n_s = \left(\frac{D_{стр.}^2}{d^2} \right), \quad n_s = \frac{24^2}{8^2} = 9,00, \quad n_s = \frac{24^2}{9^2} = 7,11, \quad \text{и} \quad n_s = \frac{24^2}{10^2} = 5,76; \quad (2)$$

където n_s е скосеност на струята в градуси;

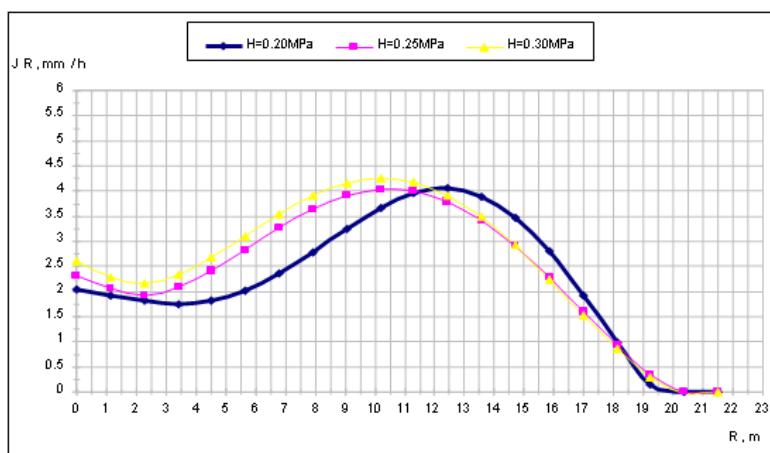
$D_{стр.}$ – диаметър на струйника, в mm;

D – диаметър на дюзата на апарата, в mm.

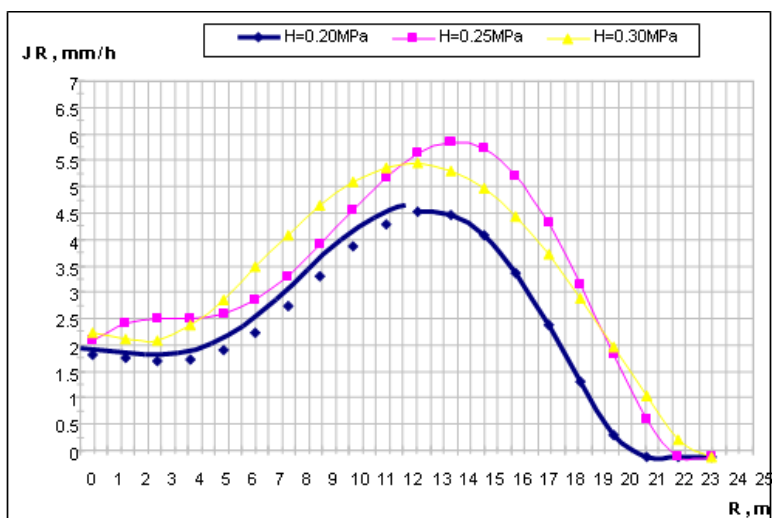
3. Резултати от проведените изследвания

В резултат на проведените полски и лабораторни изследвания са получени осреднени разпределения по радиуса и различни радиуси на обхват и коефициенти на водното количество. Резултатите са изложени таблично и графично, като са представени подобрани профили, с които се представя ефектът от промяната на ъгъла, диаметърът и налягането пред дюзата, върху разпределението, радиуса на обхват и коефициента на водното количество. И за двата апарата са представени следните резултати: дюза 9 mm – всички ъгли и напори, дюзи 8 mm и 10 mm са представени с ъгъл на скосеност 30° и работен напор 0,25 MPa.

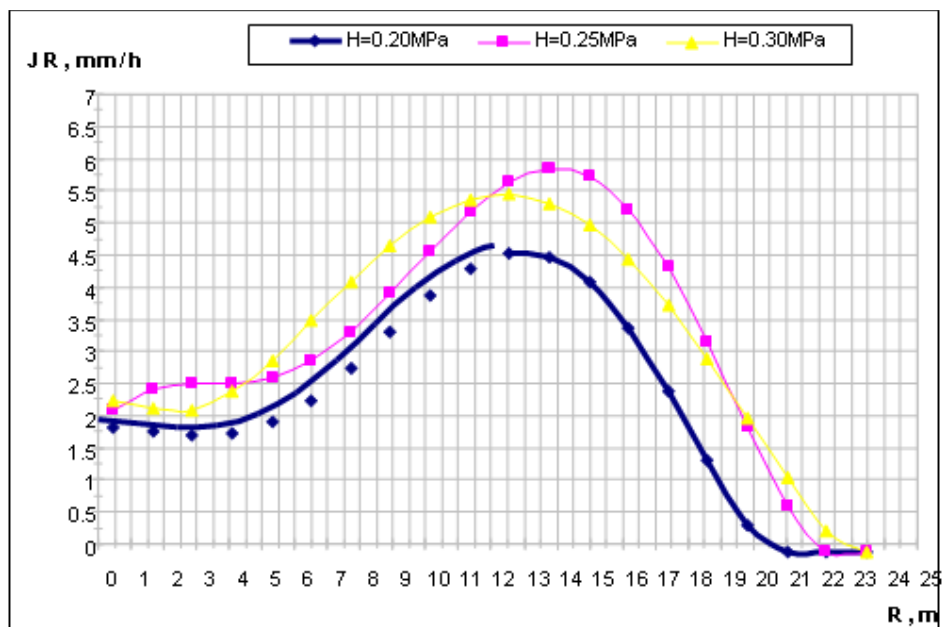
Разпределение на поливната норма при дъждовален апарат „Jolly“



Фиг. 5. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „JOLLY“ с работна дюза 8 mm и ъгъл на скосеност 30° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

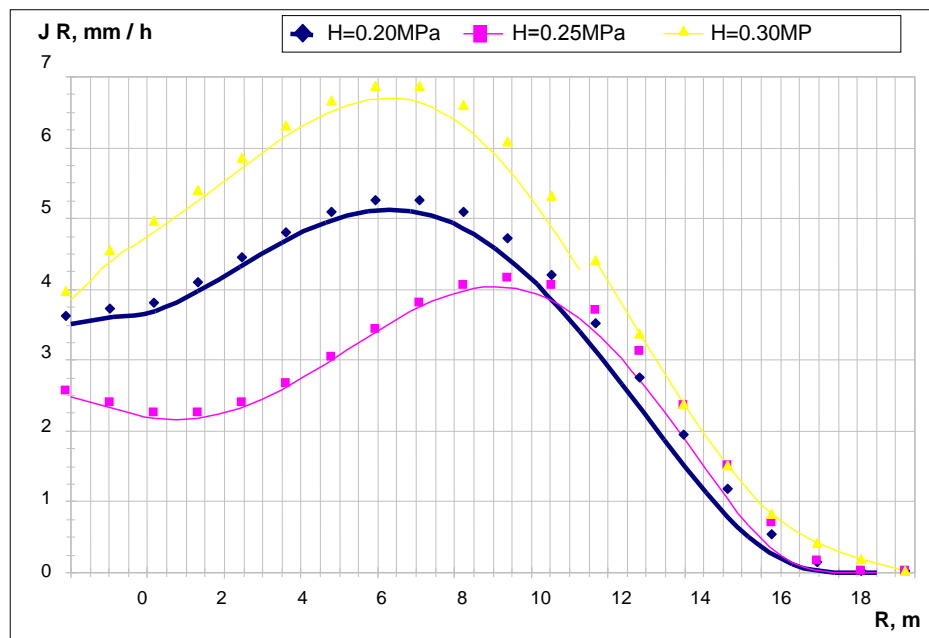


Фиг. 6. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „JOLLY“ с работна дюза 9 mm и ъгли на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

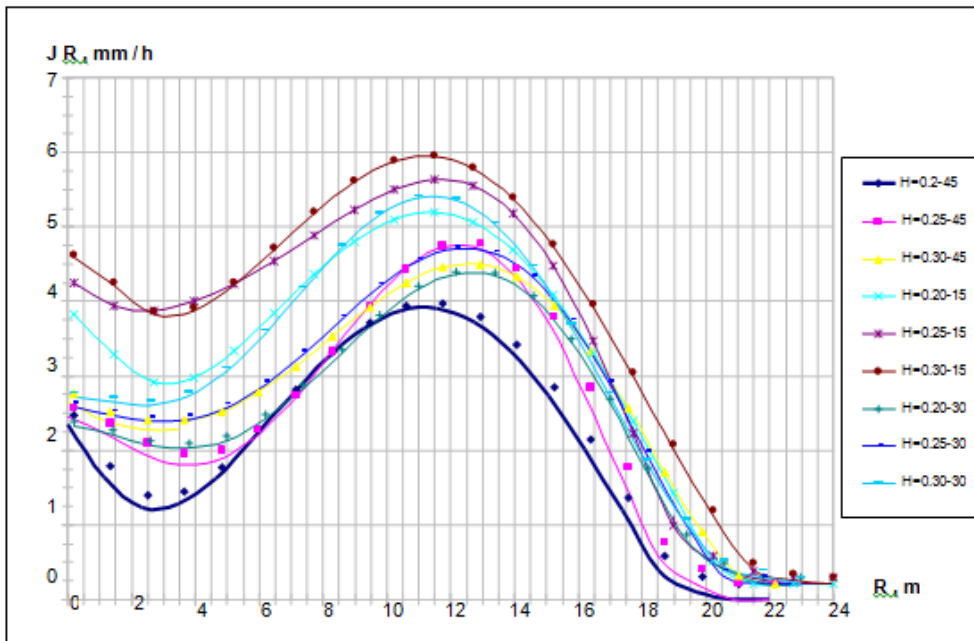


Фиг. 7. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „JOLLY“ с работна дюза 10 mm и ъгъл на скосеност 30° при работно налягане 0,2, 0,25 и 0,3 MPa

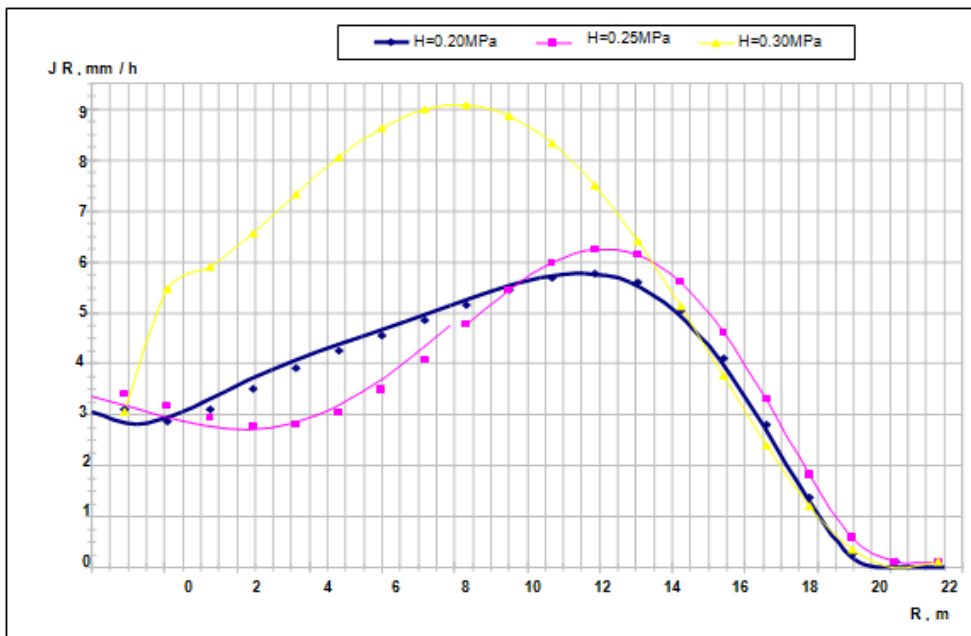
Разпределение на поливната норма при дъждовален апарат „Сила 30“



Фиг. 8. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „СИЛА 30“ на дюза 8 mm и ъгъл на скосеност 30° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

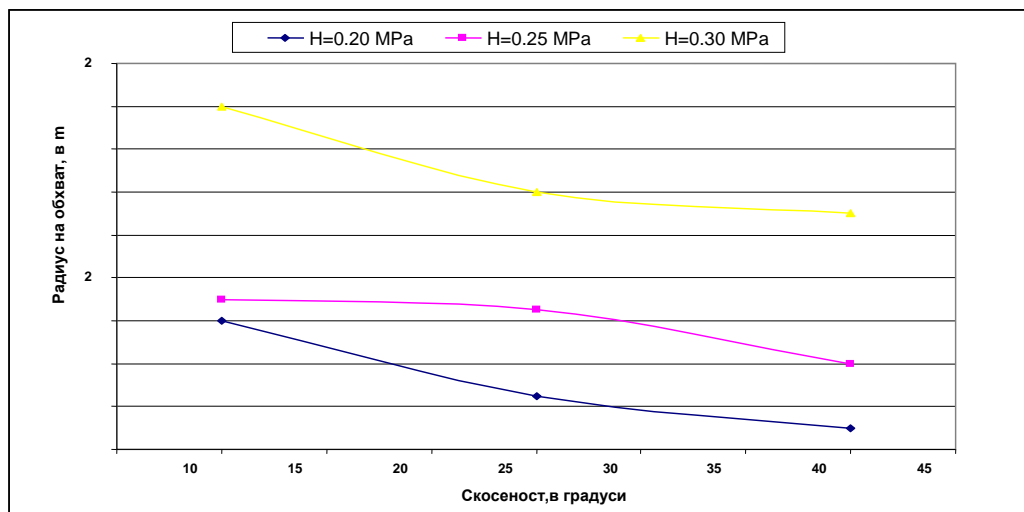


Фиг. 9. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „СИЛА 30“ на дюза 9 mm на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

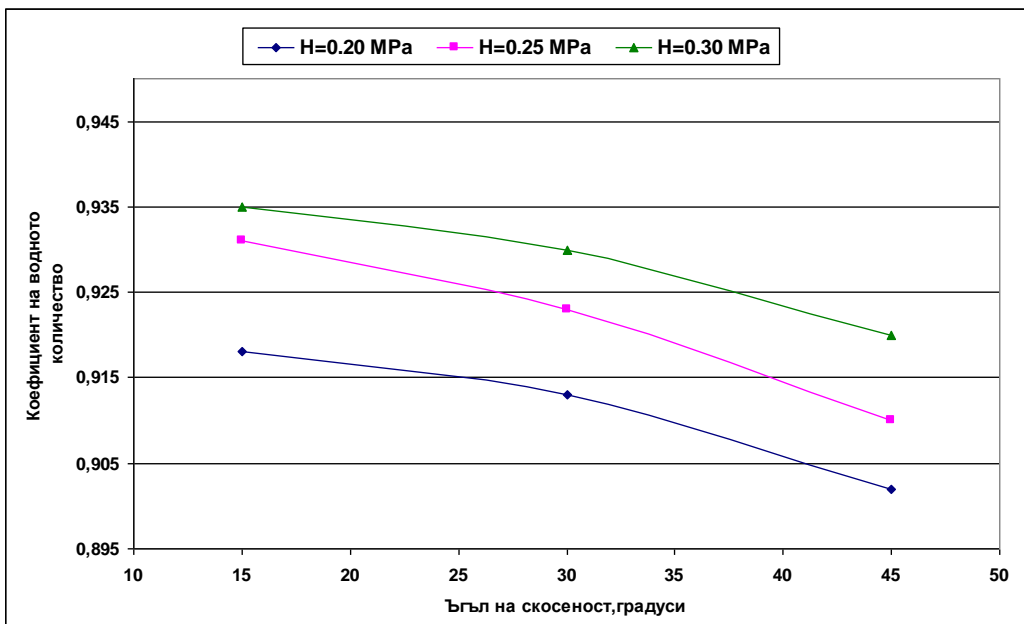


Фиг. 10. Разпределение на дъжда по радиуса при ДА „СИЛА 30“ на дюза 10 mm и ъгъл на скосеност 30° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

Влияние на изследваните параметри върху радиуса на обхват и върху коефициента на водното количество при дъждовален апарат Jolly са дадени на фиг. 11 и 12.

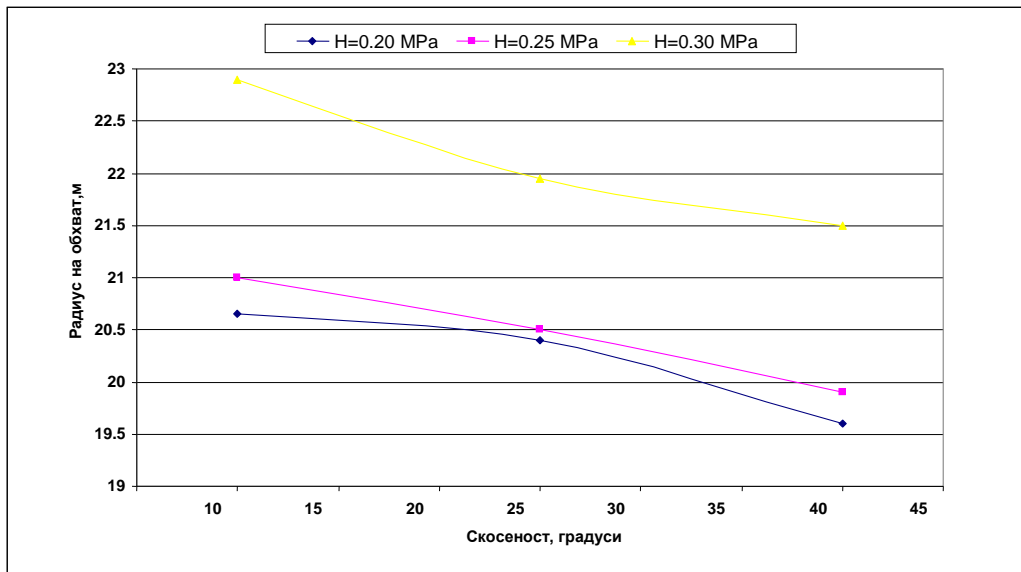


Фиг. 11. Изменение на радиуса на обхват на ДА „JOLLY“ при дюза 9 mm и ъгли на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

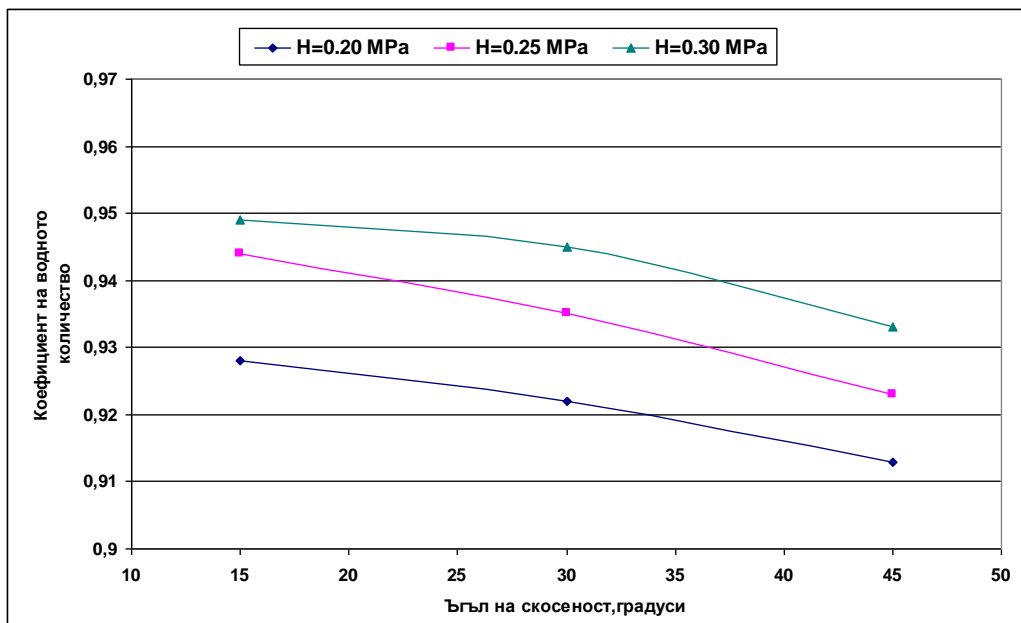


Фиг. 12. Изменение на коефициента на водното количество за ДА „JOLLY“ при дюза 9 mm и ъгли на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

Влиянието на изследваните параметри върху радиуса на обхват и върху коефициента на водното количество при дъждовален апарат „Сила 30“ са дадени на фиг. 13 и 14.



Фиг. 13. Изменение на радиуса на обхват на ДА „Сила 30“ при дюза 9 mm и ъгли на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa



Фиг. 14. Изменение на коефициента на водното количество за ДА „Сила 30“ при дюза 9 mm и ъгли на скосеност 15°, 30° и 45° при работно налягане 0,20, 0,25 и 0,30 MPa

Коефициентът на водното количество е получен по следната зависимост:

$$\mu = \frac{Q_{ДА}}{f_1 \times \sqrt{2gH}} \rightarrow \text{еднодюзов дъждовален апарат}, \quad (3)$$

$$\mu = \frac{Q_{ДА}}{(f_1 + f_2) \times \sqrt{2gH}} \rightarrow \text{двудюзов дъждовален апарат}, \quad (4)$$

където μ е коефициент на водното количество;

f_1 – напречно сечение на главната дюза в mm;

f_2 – напречно сечение на второстепенната дюза в mm;

$Q_{ДА}$ – дебит на дъждовалния апарат в l/s;

g – земно ускорение – 9,81 m/s;

H – работен напор в МРа.

Чрез Регресионен анализ [8] са получени експериментално доказани зависимости за радиуса на обхват и коефициента на водното количество, като за целта са използвани всички данни от проведените опити и с двата вида дъждовални апарата. Зависимостите имат следния вид:

ДА „Сила 30“:

$$R_{\max} = 8,790 + 0,026 \times (39,231 \times d - \alpha + 5,615 \times H), \quad (5)$$

$$\mu = 0,788 + 0,00076 \times (13,589 \times d - \alpha + 4,019 \times H); \quad (6)$$

ДА „Jolly“:

$$R_{\max} = 16,44 + 0,01 \times (d - 1,93 \times \alpha + 3,6 \times H (d - 3,556)), \quad (7)$$

$$\mu = 0,7934 + 0,00048 \times (13,193 \times d - \alpha + 6,437 \times H), \quad (8)$$

където d е диаметър на дюзата;

α – ъгъл на скосеност на струята;

H – напор на дюзата;

R_{\max} – максимален радиус на обхват (на струята).

4. Изводи от направените изследвания

1. При едни и същи струеотформящи параметри на дъждовалния апарат (дюза и ъгъл на скосеност) увеличението на налягането не променя характера на разпределението при напори до 0,25 МРа. При повишаване на налягането над 0,25 МРа характерът на разпределение на дъжда се променя.

2. Характерът на разпределението се променя с промяна на ъгъла на скосеност. При ъгли до 25° е по близък до профил 7, а при ъгли над 25° разпределението е близко до профил 6 (фиг. 4 – 10).
3. С увеличаване на ъгъла на скосеност радиусът намалява с около 3 – 5% при ниските налягания (0,20 МРа), и с около 5 – 10% при по високите налягания (0,25 и 0,30 МРа), което е видно и от получените резултати (фиг. 11 и 13).
4. При различни ъгли на скосеност на дюзата, коефициентът на водното количество се изменя от 0,889 до 0,957 (фиг. 12 и 14).
5. С така установените профили може да се определи с какви дюзи и при какви ъгли на скосеност е най-удачно да се оборудват дъждовалните апарати, с цел оптимизирането на разходите за напояване.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Давидов, Д., Гаджалска, Н.* Върху структурата на изкуствения дъжд. Известия на ИХМ, т. XVIII, с. 17-22, 1981.
2. *Давидов, Д., Гаджалска, Н.* Изследване на структурата на изкуствения дъжд при дъждуване с лентови инсталации. // Годишник на ВИАС, свитък VII, XXIX, с. 145-155, С. 1981-82.
3. *Christiansen, J. E.* Irrigation by sprinkling, bull. No 670, California Agric. Experiment Station, Univ. of California, Berkeley, California, 1942.
4. *Петрова, Р.* Моделиране на разпределението на изкуствения дъжд при дъждовални апарати със секторно действие. Известия на ИХМ, т. XXIII, стр. 21-31, 1989.
5. *Понов, С.* Изследване влиянието на разпределението на валежа и разхода на вода върху технологичните параметри на дъждовалните апарати (машини) НЦАН 2004 г., Хабилизационен труд за ст.н.с. I ст.
6. *Li. Jiusheng* – Sprinklers Performance as Function of Nozzle Geometrical Parameters, Journal of irrigation and drainage engineering (july/august) – 1996, page 244 – 247.
7. *Heermann, D. F.* – Simulation analysis of centre pivot sprinklers uniformity, ASAE Paper No. 84-2582, Am. Soc. Of Agric. Engrs., St. Joseph, Michigan – 1994.
8. *Вучков, И.* Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти, Техника, 1980.

STUDY ON WATER DISTRIBUTION OF MIDDLE-JET SPRINKLERS, DEPPENDING ON THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE NOZZLE

D. Valchev¹, N. Gadjalska²

Keywords: irrigation, irrigation equipment, sprinklers

ABSTRACT

The water distribution pattern from impact sprinkler, depending on the geometrical parameters of the nozzle (size and inclination angle) and different pressures on the nozzle, is registered during experimental observations in laboratory and open-air conditions and calm weather. Different relationships between the “discharge coefficient” and the coverage radius in different nozzle sizes and the inclination angle of the water flow are registered, and an analysis is made on the observed pattern on rainfall distribution. The observed relationships could be used for the defining of disposal scheme of the impact sprinklers and for achieving better uniformity of water distribution.

¹ Daniel Valchev, Eng., “Aqua Top“, 4 T. Burmov St., Sofia 1000a, e-mail: valchev_daniel@abv.bg

² Nelly Gadjalska, Assoc. Prof. Dr. Eng., Research Institute for Soil, Agrotechnologies and Plant Protection “N. Poushkarov”, 3 Shousse Bankya St., Sofia 1331, e-mail: gadjalska@abv.bg.