

Dimitrova, E., Morteve, I. & Kostadinov, G. (2017). Transverse spray volume distribution of rotary atomizer with hydraulic drive. *Rastenievadni nauki/Bulgarian Journal of Crop Science*, 54(4), 20-27 (Bg).

Напречна неравномерност на разпръскване при ротационен разпръсквач с хидравлично задвижване

Елена Димитрова*, Иван Мортев, Георги Костадинов

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиarov“, София

*E-mail: elenatd3@gmail.com

Резюме

Контролираното капково покритие е прогресивна технология за растителна защита. Тя може да бъде реализирана само с ротационен разпръсквач. Ротационният разпръсквач има това предимство, че чрез промяна на скоростта на въртене и/или дебита на подаване на работната течност, може да се получи предвидим размер на капките, със сравнително еднороден спектър. В ИПАЗР “Н. Пушкиarov” е разработен и изследван ротационен разпръсквач с хидравлично задвижване и два начина за монтиране на разпръскващия работен орган, надолу и нагоре. Определено е напречното разпределение на подаваната работна течност по дължината на щангата при различни режими на работа на разпръсквача. Създаден е софтуер за симулиране на съвместната работа на съседни разпръсквачи при различно разстояние между тях.

В съответствие с европейските стандарти за качество, са определени възможните разстояния на разполагане на разпръсквачите по работната широчина на машината. Доказани са предимствата на ротационния разпръсквач с обърнат нагоре разпръскващ работен орган.

Ключови думи: пръскачки; ротационни разпръсквачи; хидравлично задвижване; разпределение на работната течност

Transverse spray volume distribution of rotary atomizer with hydraulic drive

Elena Dimitrova*, Ivan Morteve, Georgi Kostadinov

Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “Nikola Pushkarov” - Sofia

*E-mail: elenatd3@gmail.com

Abstract

Controlled drop application is a promising technology for plant protection. It can be realized only with rotary atomizer. Rotary atomization has the advantage that by altering the rotational speed and/or the feed rate, one can produce a predictable drop size, with a comparatively narrow drop spectrum. In the ISSAPP “N. Pushkarov” a hydraulic rotary atomizer was developed and investigated in two ways of mounting the spraying body, down and up. Spray volume distribution pattern across of the boom is determined in the various regime of the operation of sprayer. Software for simulation the interaction of adjacent atomizers at a different distance between them has been developed. In accordance with European quality standards, the possible deviation of the sprays on the working width of the machine is determined. The benefits of a rotary atomizer with an upward spraying body have been proven.

Keywords: sprayers; rotary atomizers; hydraulic drive; liquid distribution

За разлика от широко разпространеното пръскане чрез хидравлични дюзи, технологията за контролирано капково пръскане позволява промяна на режима на работа на разпръсквачите (Bals, 1978; Doble et al., 1985; Zhao, 2004). При тази технология формирането на капките е в резултат на възникващите центробежни сили по периферията на въртящ се диск. Чрез промяна на режима му на работа може да се постигне различно качество и широчина на напречното разпределение на разпръскваната течност. Изследвано е качеството на работа на ротационни разпръсквачи при различни условия. Bayat and Bozdogan (2005) са изследвали подобни системи, като са оценявали проникването на капковия факул в растението (в техния случай – памук), разпределението и отнасянето на капките. Според Qi et al. (2008) при скорост на вятъра 2 ms^{-1} и малка честота на въртене на диска отнасянето на капките при този тип разпръсквачи е по-малко спрямо хидравличните дюзи. При високите скорости на диска отнасянето обикновено е по-голямо. В процеса на търсене на технологич-

ни и технически решения за намаляване на енергийните разходи, разходите за препарати и подобряване качеството на работа на разпръсквачите, Ru et al. (2014) установяват, че този тип разпръсквачи имат бъдеще.

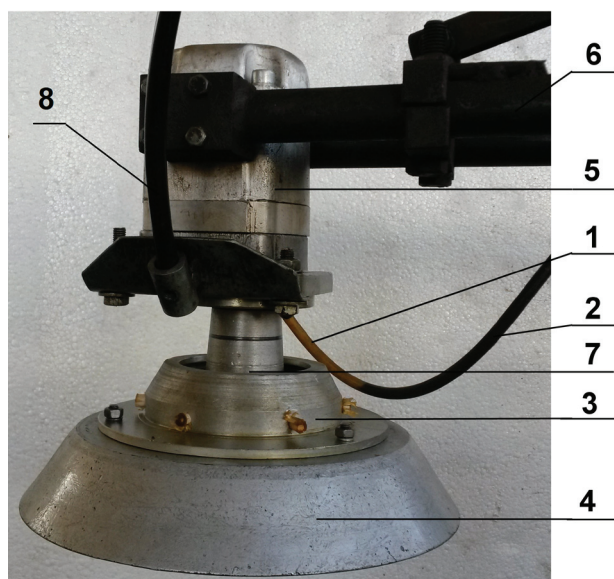
От друга страна при ротационните разпръсквачи са минимизирани изискванията за филтриране на работната течност и не са необходими високи налягания. При използването им в шангови пръскачки задвижването може да е чрез ремъци от електромотори или чрез хидромотори. При използване на електромотори е необходимо такова конструктивно решение, което да предпазва мотора и ремъците от въздействието на работната течност. Необходимо е разпръсквачите да се разположат по дължината на шангата на такова разстояние един от друг, което да осигурява необходимата равномерност по дължината на шангата. Като се има предвид това, в настоящото изследване се постави за цел обосноваване на разстоянието между ротационни разпръсквачи с хидравлично задвижване по дължината на шангата.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Обект на изследването

В ИПАЗР ”Н. Пушкиarov” е разработен ротационен разпръсквач, общият вид на който е показан на Фигура 1.

Възелът на разпръскващия орган, съставен от хидромотор (8), главина (3) и разпръскващ орган (4), е монтиран към рама (6), която се явява едновременно и елемент от хидросистемата на машината. По тръбите на рамата се движи хидравличната течност, която привежда в движение хидромотора. Разпръскващият работен орган 4 е с диаметър 254 mm. Той посредством главината (3) се захваща за оста на хидромотора. Предвидена е възможност за монтирането му към главината в две положения на разпръскващата повърхност – надолу (както е на Фиг. 1) и нагоре. Работната течност се подава в сърцевината на главината посредством тръбопровода (2) и от там към разпръскващия орган. Промяната на честотата на въртене на разпръскващия орган се извършва чрез промяна на дебита на хидравличната течност.



Фиг. 1. Ротационен разпръсквач, разработен в ИПАЗР ”Н. Пушкиarov”

Fig. 1. Rotary sprayer developed in ISSAPP “N. Pushkarov”

1. Тръбопровод/Pipe; 2. Хидравлична течност/Hydraulic fluid; 3. Корпус/Corpus; 4. Разпръскващ работен орган/Spraying body; 5. Хидромотор/Hydromotor; 6. Рама/Frame (Тръбопроводы за хидравличната течност/Pipes for hydraulic power liquid); 7. Вал на хидромотора/Shaft of hydromotor; 8. Тръбопровод за работна течност/Pipe for spraying liquid

Опитна постановка

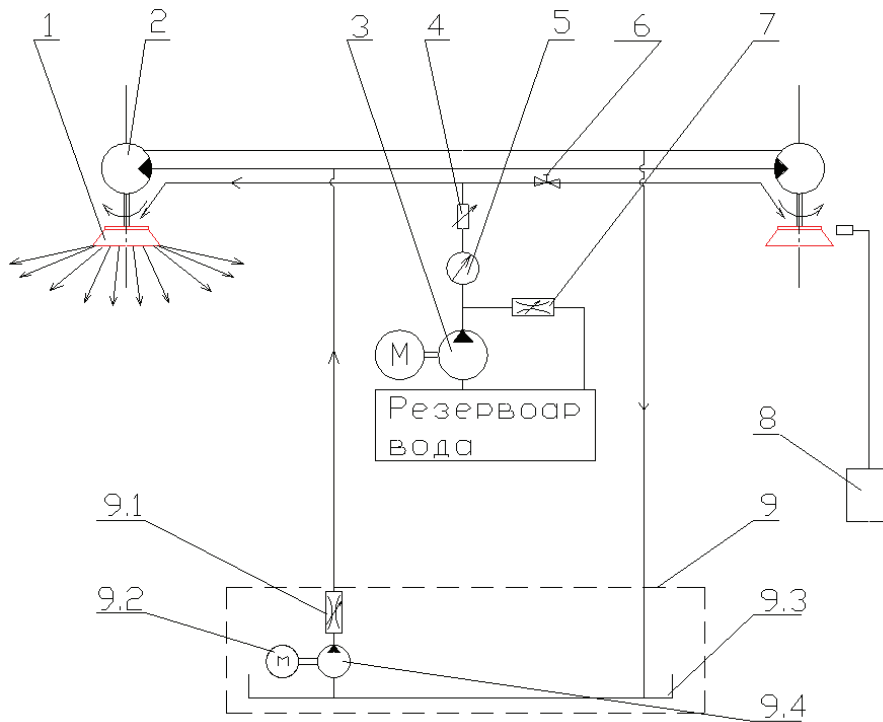
Обектът на изследването (Фиг. 1) е поставен на стенд. Схемата на стенда е показана на Фигура 2. От схемата на опитната постановка се вижда, че има монтирани два хидромотора с разпръсквачи.

Двата хидромотора са свързани последователно, което предполага, че имат една и съща честота на въртене. Хидравличната станция подава масло под налягане, чийто дебит се регулира от блок клапана (7) и по този начин може да се регулира честотата на въртене на разпръсквачите в много широки граници. От резервоара посредством помпа (3) работната течност се изпомпва по тръбопровода, преминава през дебитомера (4) и манометъра (5) и достига до разпръсквача. Посредством кран и измерване с дебитомера (5) се подава желания дебит на разпръсквача. Към другия разпръсквач е спряно подаването на течност с кран. На работния орган на този разпръсквач се залепва индикатор-

на лепенка и чрез измервателен уред ALMENO (www.salvarani.com) чрез сензор за измерване на кръгова честота с отражателен фотоелектричен датчик се измерва честотата на въртене на работните органи.

Експериментите са проведени в затворено безветрено помещение при температура на въздуха $t_a=20^{\circ}\text{C}$. Като работна течност е използвана вода с температура $t_w=18^{\circ}\text{C}$. Изследвано е разпределението на работната течност по работната широчина на разпръсквача за три честоти на въртене и три дебита на работна течност. Изследвани са два варианта на разположение на разпръскващия орган - обърнат нагоре и обърнат надолу (Фиг. 3), разположени на 0,5 m над улавящата повърхност.

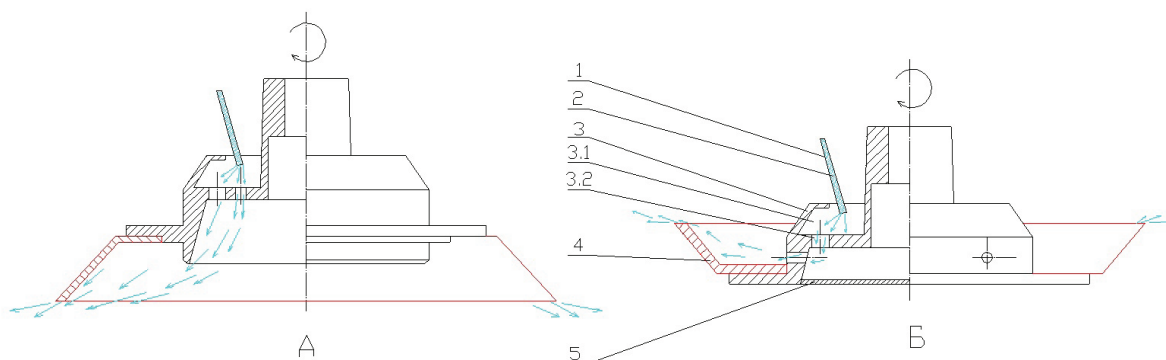
Дебитите са избрани в работния диапазон на разпръсквача. Тяхното измерване и поддържане е извършвано с AAMS Passive Flow Meter Sprayers (www.salvarani.com). На Фигура 4 е показан общият вид на стенда за измерване на



Фиг. 2. Схема на опитната постановка

Fig. 2. Scheme of experimental layout

1. Разпръсквач/Sprayer; 2. Хидродвигател/Hydro motor; 3. Помпа/Pump; 4. Дебитомер/Flowmeter; 5. Манометър/Pressure gauge; 6. Кран/Crane; 7. Кран/Crane; 8. Тахометър/Tachometer; 9. Хидравлична станция/Hydraulic power station; 9.1. Регулиращ клапан/Flow-control valve; 9.2. Електродвигател/Electric motor; 9.3. Резервоар/Tank; 9.4. Помпа/Pump



Фиг. 3. Технологична схема на процеса на разпръскване на работната течност при две положения на монтиране на работния орган: А - Работен орган монтиран надолу; В - Работен орган монтиран нагоре

Fig. 3. Schematics of technological process of spraying liquid at two ways of mounting the spraying body: A - Spraying body mounted downward; B - Spraying body mounted upward

1. Захранващ тръбопровод/Supply pipe; 2. Работна течност/Spraying liquid; 3. Корпус/Corpus; 3.1. Камера/Chamber; 3.2. Отвор/Hole; 4. Разпръскващ работен орган (чаша)/Spraying body(cup); 5. Капак/Covering panel

разпределението. Той представлява улейна тава с посочените на фигурата размери (Фиг. 5) и дълбочина на улеите 100 mm. Изработен е съобразно изискванията на ISO 5682-1/1996. Общият брой на улеите е 40. Течността от улеите е събирана в пластмасови съдове. Количеството събрана течност от всеки улей е измервано по тегловен метод с помощта на везна Вимсо ВЗР с точност $d = 0,1g$. Получените стойности в зависимост от продължителността на опита са привеждани в ml/min. Стойността за всеки улей (x_i) е получавана на базата на три опита. С помощта на тавата се измерва събраната течност от сектор с големина $\frac{1}{4}$ от получавания от разпръсквача факел (Фиг. 4). За половината от факела количеството течност се получава по израза $A_i = 2 \cdot x_i$ ($i = 1, \dots, 20$), откъдето чрез огледален образ на този вектор се получават стойностите и за другата половина от факела, и в крайна сметка и за цялата ширина на разпръсквача - $B_i = 2 \cdot A_i$. Относителното разпределение на работната течност (C_i) по широчината на факела е определено въз основа на израза -

$$C_i = \frac{B_i - \bar{B}}{\bar{B}} 100, \%$$

където \bar{B} е средното количество течност в улеите.

Тъй като работната широчина на факела, получаван от един ротационен разпръсквач при изследваните варианти е до 4 m, при симулирането е възможно презастъпване на работните широчини на няколко разпръсквача. Предложено е това моделиране да се извършва в среда на EXCEL (Пиев, 2003). За ускоряване на процеса на обработване на резултатите е използвана програма на C++, която симулира процеса на възможното взаимно разположение между ротационните разпръсквачи и дава като изходен ре-



Фиг. 4. Общ вид на улейната събираща тава
Fig. 4. Overview of the patternation system

зультат полученото разпределение на работната течност по широчината на щангата (Kostadinov et al., 2011). Прието е минималното разстояние на разполагане между два разпръсквача при симулацията да е 0,75 m. Симулирането е извършено със стъпка 0,05 m. Възможните стъпки на разполагане на разпръсквачите са определени от условието вариацията на разпределението на работната течност по дължината на щангата да не е повече от 10%.

Коефициентът на вариация на количеството течност в отделните улеи е определян по формулата:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100,$$

където \bar{X} е средното количество течност в улеите - $\bar{X} = \frac{\sum \bar{x}_i}{n}$;

\bar{x}_i – количеството течност в i -тия улей, определено чрез симулацията;

n – брой улеи,

а S е средно квадратичното отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x}_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

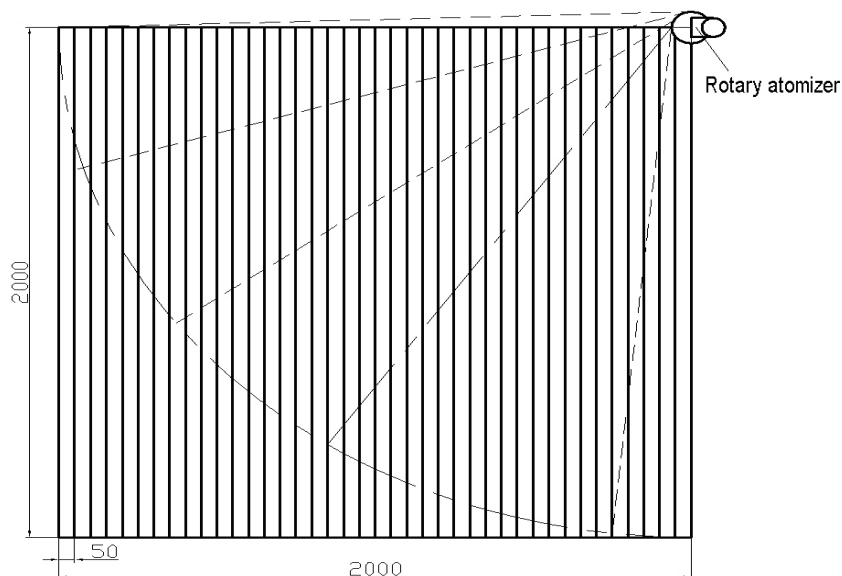
Резултати и анализ от изследването на разпределението на работната течност

На Фигура 6 отляво са показани относителното разпределение на работната течност по

широчината на факела (А) при три честоти на въртене и дебити, а отдясно - възможните разстояния на разполагане един от друг на ротационен разпръсквач по широчината на щангата (В) при разпръсквач работен орган обърнат нагоре. Възможните стъпки са изчислени при допустимо отклонение според европейските изисквания за качество. Вижда се, че с увеличаване на дебита широчината на факела нараства и при трите честоти на въртене, като това увеличение е най-голямо при най-ниската честота на въртене. При ниска честота на въртене широчината на факела е най-голяма при най-малко отклонение от средното.

Възможните стъпки на разполагане при допустимото отклонение от нормата на разпръскване са групирани в две зони. Като се изхожда от предпоставката за определяне на такова разстояние на разполагане, при което е изпълнено условието за равномерност и при това най-голямо за всяка от двете групи, от графиките на Фигура 6 се вижда, че това са 135 и 250 cm. За разпръсквача, като цяло, тази стъпка е 250 cm. Графиките позволяват да се подбере и друга стъпка, която да позволи равномерно разпределение в зависимост от определена по други съображения работна широчина на пръскачката.

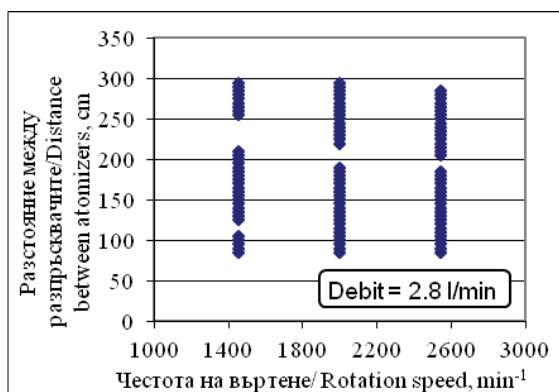
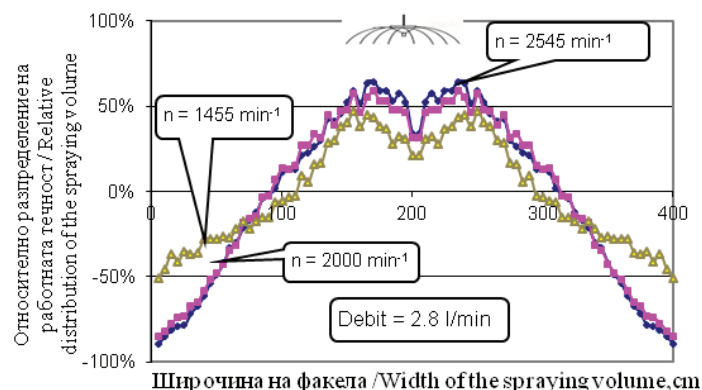
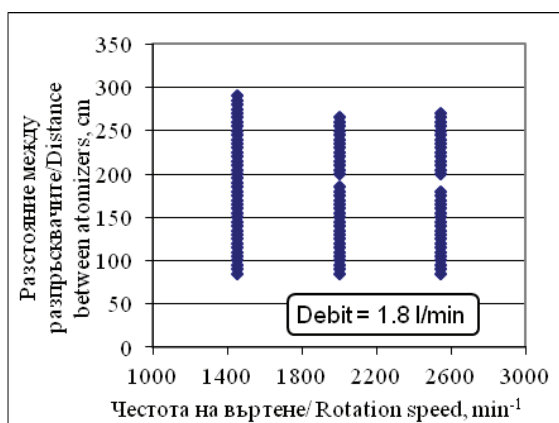
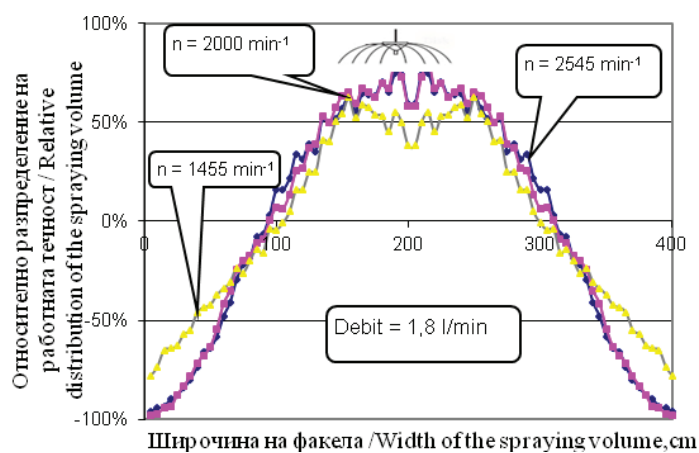
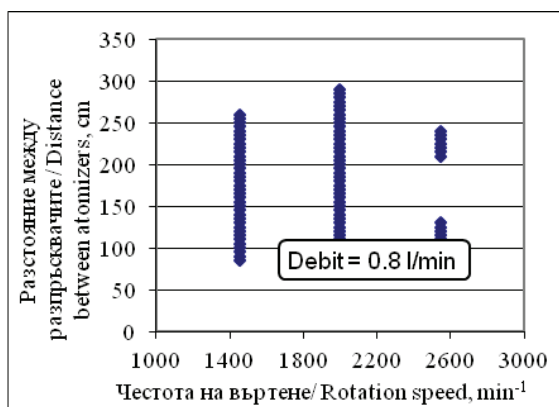
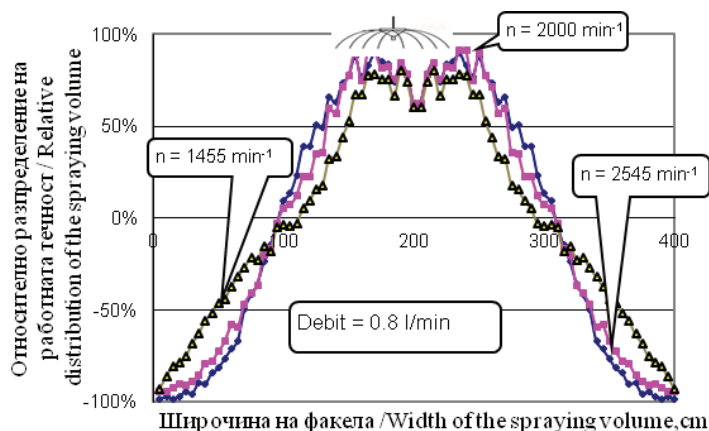
При разпръсквачи работни органи, обърнати надолу (Фиг. 7), се наблюдава по-рязка промяна



Фиг. 5. Схема на сектора, в който се провежда експериментът
Fig. 5. Scheme of the sector in which the experiment was conducted

на разпределението на количеството течност. При нисък дебит и честота на въртене има рязко увеличаване на течността на разстояния от един метър от разпръсквача и рязко намаляване на количествата на разстояния по-големи от един метър. При по-високи дебита този ефект

не е толкова изявен. При високите дебита се концентрира количество течност под разпръсквача. И при трите дебита и честоти на въртене промяната на количеството работна течност става много по-рязко, което дава отражение на възможните стъпки на разполагане. Вижда се,



A

B

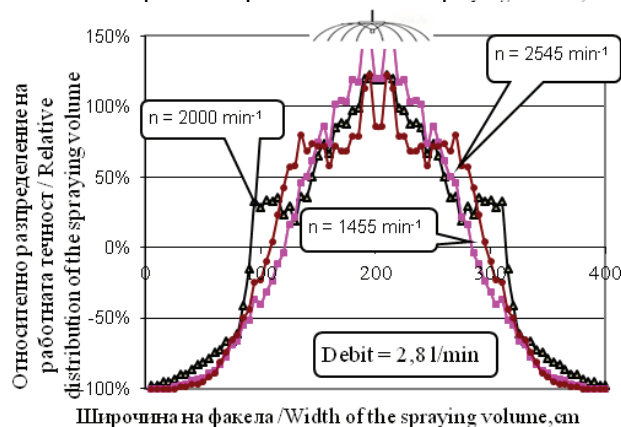
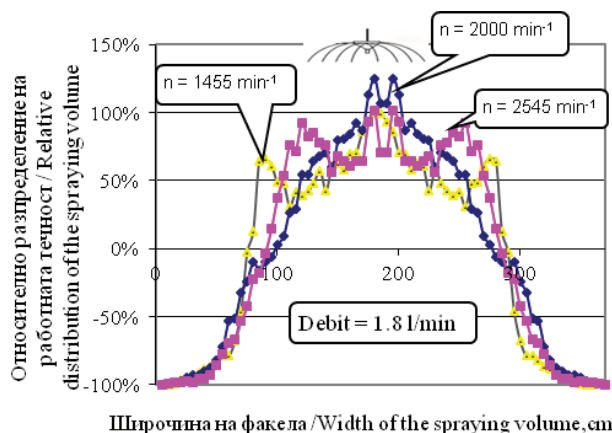
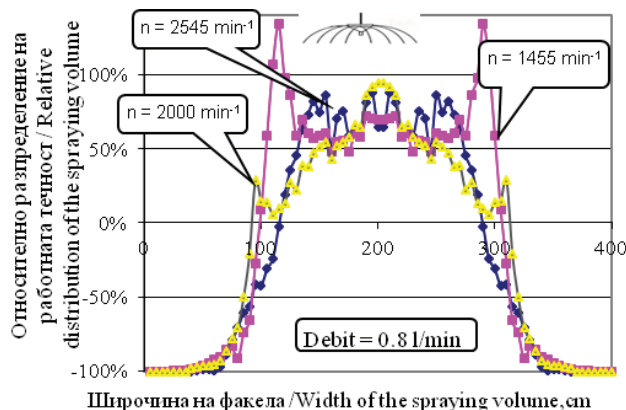
Фиг. 6. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела (A) и разстояние на възможно разположение по широчината на щангата (B) на разпръсквачи обърнати нагоре

Fig. 6. Relative distribution of the spraying volume over the width (A) and distance between atomizers in the width of the boom (B) of the sprayers mounted upwards

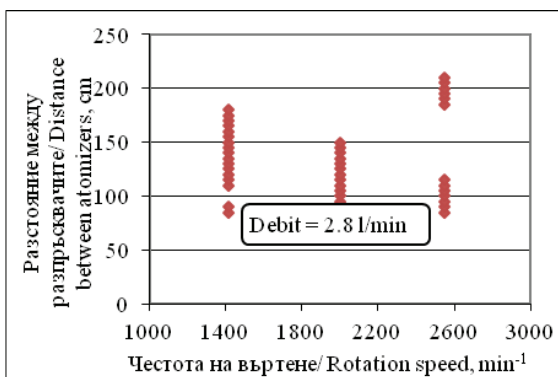
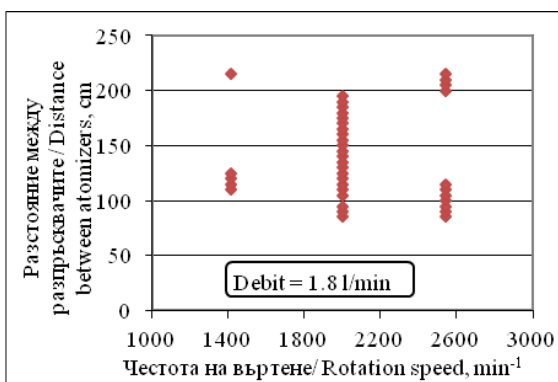
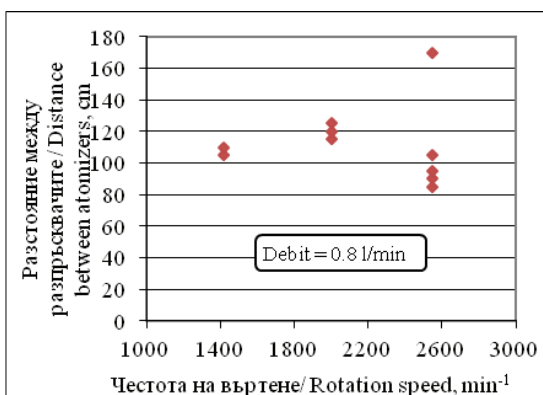
че при това разполагане на този тип разпръсквачи не може да се изберат разстояния между разпръсквачите, които да осигуряват необходимата равномерност за всички режими на работа.

При сравняване на разпределенията на работна течност на разпръсквачите обърнати на-

горе (Фиг. 6) и обърнати надолу (Фиг. 7) при различни честоти на въртене и дебита се забелязва, че обърнатият надолу работен орган дава значително по-неравномерно разпределение спрямо обърнатия нагоре. Вижда се, че на Фигура 7 трите криви при различна честота на



A



B

Фиг. 7. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела (A) и разстояние на възможно разположение по широчината на щангата (B) на разпръсквачи обърнати надолу

Fig. 7. Relative distribution of the spraying volume over the width (A) and distance between atomizers in the width of the boom (B) of the sprayers mounted downwards

въртене се различават съществено. Тази значителна неравномерност не позволява в този си вид разпръсквачът да работи при различни режими на работа, без това да оказва влияние на възможността за съвместна работа и получаваното разпределение на работната течност. Работата му при различна разходна норма би повлияла разпределението на течността по работната широчина на машината. При разпръсквача обърнат нагоре (Фиг. 6) кривите са плавни и се наблюдава по-плавно намаляване на количеството работна течност с отдалечаване от разпръсквача. Тази плавност позволява при този разпръсквач да се получи необходимата равномерност на разпределението при много режими. Всичко това определя разпръсквача с обърнат нагоре работен орган като по-добър спрямо обърнатия надолу по отношение на разпределението на работната течност и свързаните с това възможни разстояния на разполагане между разпръсквачите при спазване на нормите за допустими отклонения.

ИЗВОДИ

Режимите на работа и конструктивното разполагане на този тип разпръсквачи имат отражение върху равномерността на разпределяне на работната течност по широчината на опръскваната площ.

Обърнатият нагоре ротационен разпръсквач, с диаметър на разпръскващия работен орган 254 mm, при дебит от 0.8 l/min до 2.8 l/min и честота на въртене от 1455 min⁻¹ до 2545 min⁻¹ осигурява напречно разпределение на работната течност в рамките на изискванията при разполагане на разпръсквачите един от друг на разстояние 2,5 m, дори при повечето режими това разстояние достига до 3 m.

Обърнатият надолу ротационен разпръсквач дава много променливо разпределение при раз-

личните режими. Това е причина при него да не може да се подбере едно общо разстояние на разполагане на разпръсквачите един от друг за всичките изследвани режими.

Графичната интерпретация на зависимостта на разстоянието на разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата от режимите на работа позволява да се подбере и друго разположение в съответствие с определена по други съображения работна широчина на щангата.

ЛИТЕРАТУРА

- Bayat, A., & Bozdogan, N. Y.** (2005). An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. *Crop Protection*, 24(11), 951-960.
- Bals, E. J.** (1978). The reasons for CDA (controlled droplet application). In *Br. Crop Prot. Conf., Weeds* (Vol. 2, pp. 659-666).
- Doble, S. J., Matthews, G. A., Rutherford, I., & Southcombe, E. S. E.** (1985, November). A system for classifying hydraulic nozzles and other atomizers into categories of spray quality. In *Proceedings of the 1985 British Crop Protection Conference: Weeds*, Bracknell, pp. 1125-34.
- Kostadinov, G., Dimitrova, E. & Moteva, M.** (2011). Modeling of the spray liquid distribution of rotary atomizers. In: *Proceedings 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 21-23 september 2011, Istanbul*, pp. 108-112.
- Iliev, II.** (2003). Substantiation and investigation of sunflower spraying systems. PhD thesis.
- Qi, L., Miller, P. C. H., & Fu, Z.** (2008). The classification of the drift risk of sprays produced by spinning discs based on wind tunnel measurements. *Biosystems Engineering*, 100(1), 38-43.
- Ru, Y., Jin, L., Zhou, H., & Jia, Z.** (2014). Performance experiment of rotary hydraulic atomizing nozzle for aerial spraying application. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30(3), 50-55.
- Zhao, Y. Y.** (2004). Analysis of flow development in centrifugal atomization: Part II. Disintegration of a non-fully spreading melt. *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, 12(5), 973-983.