

СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И
ЗАЩИТА НА РАСТЕНИЯТА „НИКОЛА ПУШКАРОВ”

ЕЛЕНА ТОДОРОВА ДИМИТРОВА

Изследване на ротационни разпръсквачи за щангови пръскачки

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за присъждане на образователна и научна степен
„Доктор”

Професионално направление 5.1. „Машинно инженерство“

Научна специалност
„Механизация и електрификация на растениевъдството“

Научни ръководители:
проф. д-р Георги Костадинов
доц. д-р инж. Иван Мортев

София, 2021

Дисертационният труд е разгледан на заседание на разширен научен съвет при отдел “Механизация на земеделието и хидромелиоративни системи“ към ИПАЗР „Н. Пушкиarov“, София.

Дисертантът работи като главен експерт, инженер към секция „Механизация на земеделието и хидромелиоративни системи“ при ИПАЗР «Никола Пушкиarov».

Научно жури:

1. Доц. д-р инж. Тодор Гергов Пеняшки - ИПАЗР „Н. Пушкиarov“ - председател
2. Проф. д-р инж. Борис Георгиев Борисов – РУ «Анг. Кънчев» - Русе
3. Проф. д-р инж. Стоян Савов Ишпеков – АУ Пловдив
4. Доц. д-р инж. Красимир Михайлов Трендафилов – ТрУ Стара Загора
5. Доц. д-р инж. Атанас Здравков Атанасов - РУ «Анг. Кънчев» - Русе

АКТУАЛНОСТ НА ТЕМАТА

Европейският парламент и Съветът на Европа признаха в Решението за приемане на Шестата програма за действие на Общността за околната среда, че неблагоприятното въздействие на пестицидите върху човешкото здраве и околната среда трябва още повече да се намали.

От друга страна населението на земята непрекъснато нараства като увеличението през последните 50 г. е средно с 80 мил. годишно. За да се осигури прехраната на населението на земята е необходимо със същият темп да нараства и производството на храни. При тези условия е нереалистично в близко бъдеще да се очаква производство на храни без използване на пестициди.

Съвременните пестициди са все по-ефективни и това се налага изискването за тяхното много по-прецизно прилагане.

За растителна защита се използват основно два типа пръскачки – вентилаторни и щангови. Най-масово разпространение са намерили щанговите пръскачки. Те имат хидравлични разпръсквачи, които генерират капки с различна големина в широк спектър. Всичко това налага усъвършенстване на разпръсквачите системи на щанговите пръскачки.

НАУЧНА НОВОСТ

Разработена е методика за определяне на оптималното разположение на ротационни разпръсквачи върху рамата на щангова пръскачка. Обоснован и разработен е Софтуер за машинно изчисляване параметрите на разпределението по дължината на щангата. Разработени са нови ротационни разпръсквачи с хидравлично задвижване и стендове за изследването им. Модифицирани са съществуващи разпръсквачи и са изследвани и анализирани техните параметри.

ПРАТИЧЕСКА ПОЛЕЗНОСТ

В настоящата разработка са изследвани и предложени технически решения на разпръсквачи за щангови пръскачки и са обосновани техните параметри и режими на работа за реализиране на желаното капково покритие като по този начин се създадат предпоставки за намаляване на разходите за извършване на дадено растително защитно мероприятие и на замърсяването на околната среда и земеделската продукция.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на изследването са няколко вида ротационни разпръсквачи. Изследвани са четири модификации на ротационни разпръсквачи собствена конструкция и оригинален ротационен разпръсквач Micromax III на английската фирма Micron Sprayers Ltd и модифициран от нас такъв разпръсквач, в различно разположение спрямо опръскваната повърхност.

ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

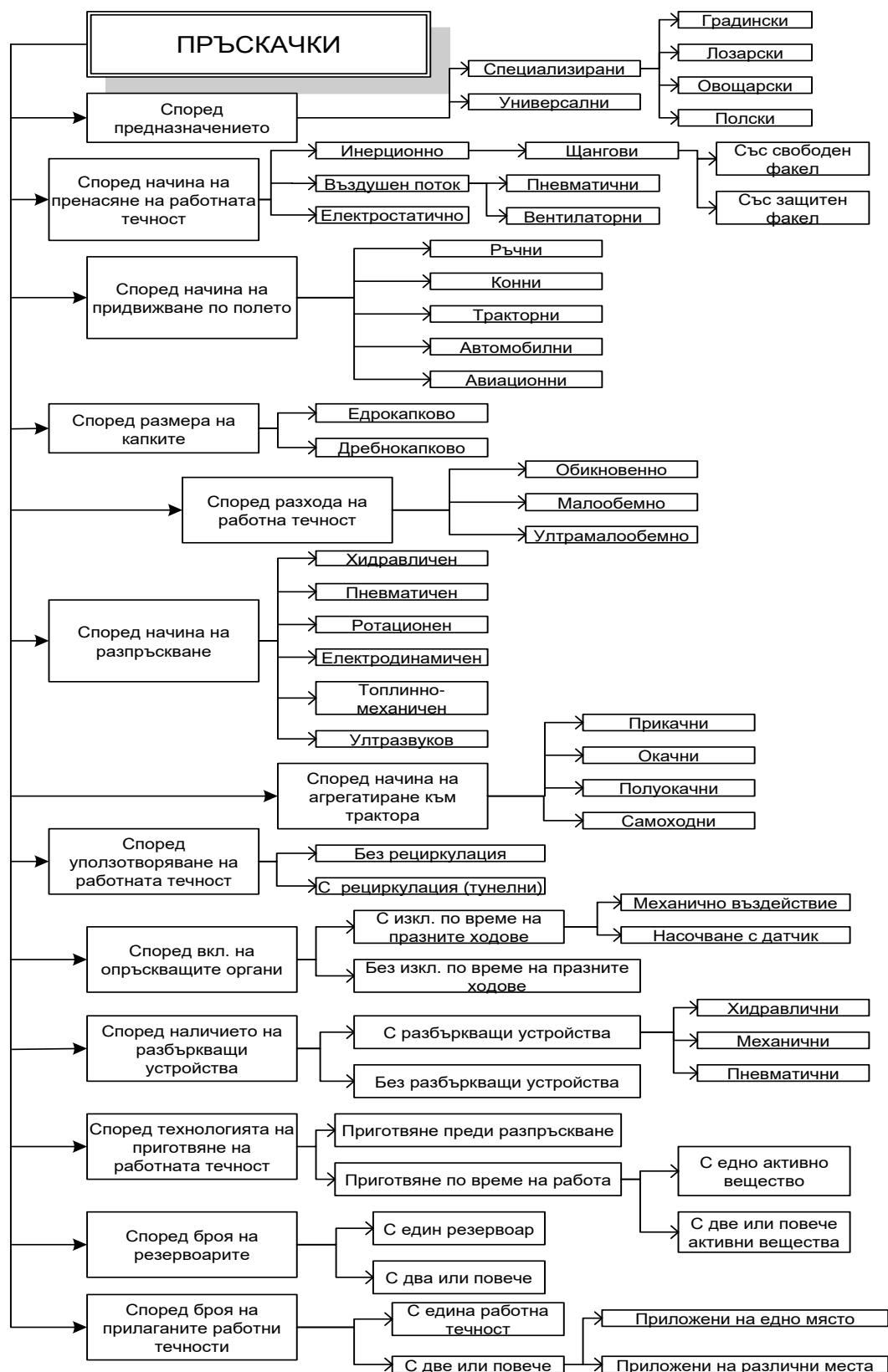
Предмет на изследването са параметрите и режимите на работа на ротационни разпръсквачи към щангова пръскачка

Глава 1. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Съществуват различни класификации на методите за провеждане на растителнозащитните мероприятия. Нашата растителнозащитна наука приема следната основна класификация: агротехнически, физични, биологични, химически и комбинирани методи.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРЪСКАЧКИТЕ.

Пръскачките могат да се класифицират по различни признаци (фиг.1.1.)



Фиг. 1.1. Класификация на пръскачките

Освен разпределението на работната течност по широчината на факела, размерът на капките и тяхната плътност са също елементи на качеството на работа на машината. Те имат значение за равномерното покритие на третируания обект.

Глава 2. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА

ЦЕЛ

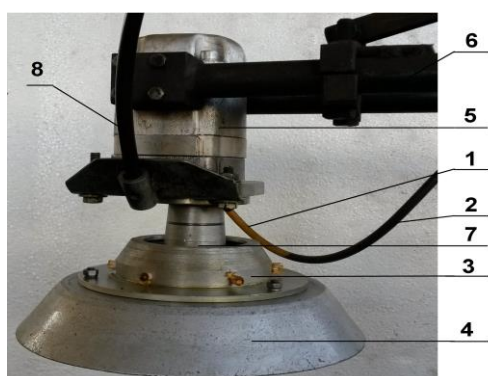
Обосноваване на параметрите и режимите на работа на ротоционни разпръсквачи към щангова пръскачка за осигуряване равномерно разпределение на работната течност .

ЗАДАЧИ

1. Теоретично разработване на процеса на разпръскване при ротоционни разпръсквачи.
2. Обосноваване на управляемите фактори и параметри, характеризиращи режима на работа на ротоционни разпръсквачи.
3. Разработване на методики, програми и стендове, за провеждане на експерименталните изследвания върху процеса на разпръскване на работната течност.
4. Обосноваване на оптимален режим на работа и разположение на разпръсквачи към щангова пръскачка в зависимост от вида на разпръсквача, с цел получаване на равномерно разпределение на работната течност.
5. Да се обоснове технология и технически средства за работа по технологията за контролирано капково покритие.

РОТАЦИОНЕН РАЗПРЪСКВАЧ СОБСТВЕНА КОНСТРУКЦИЯ

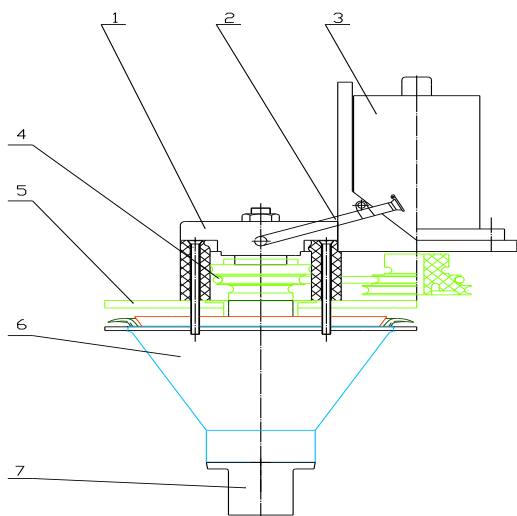
В ИПАЗР "Н.Пушков" е разработен ротоционен разпръсквач (фиг.2.1.).



Фиг. 2.1. Ротоционен разпръсквач разработен в ИПАЗР "Н.Пушков"

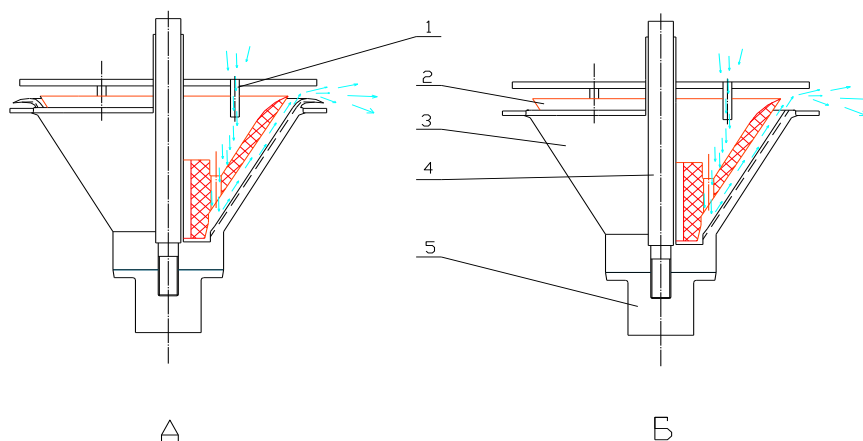
1.Тръбопровод; 2. Хидравлична течност 3. Корпус
4. Разпръскащ работен орган 5. Хидромотор; 6.
Рама (Тръбопровод за хидравличната течност; 7.
Вал на хидромотора; 8. Тръбопровод за работна
течност

РОТАЦИОНЕН РАЗПРЪСКВАЧ MICROMAX III



Фиг. 2.2. Схема на ротоционен разпръсквач Micron

1. Носач; 2. Устройство за смазване; 3.
Електромотор; 4. Ремъчна предавка; 5.
Планка; 6. Разпръсквач; 7. Капачка

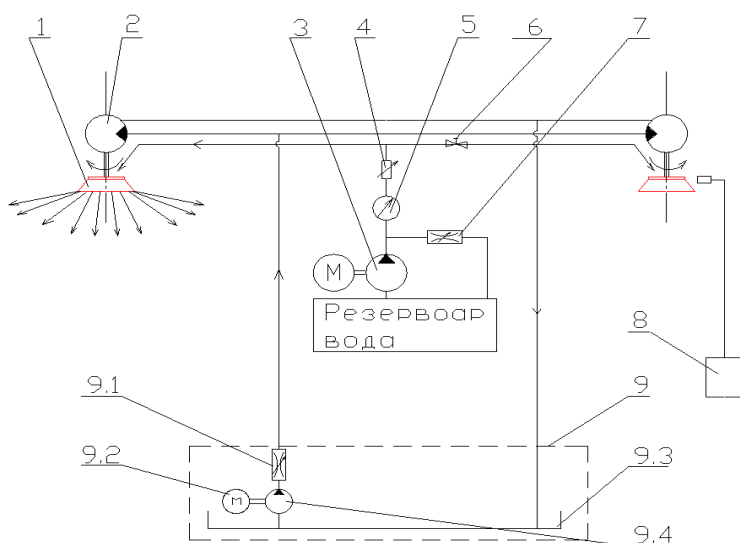


Фиг. 2.5. Технология на разпръскване при разпръсквач Micromax III - А и модифициран вариант - Б.

1. Дозатор 2. Неподвижна конусна чаша 3. Ротационен разпръсквач работен орган 4. Задвижващ вал 5. Капачка

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРЪСКВАЧИ СОБСТВЕНА КОНСТРУКЦИЯ

Трите модификации на разработените ротационни разпръсквачи са с хидравлично задвижване. Те са изследвани като са задвижвани чрез хидравлична станция свързани по схемата показана на фиг. 2.3. От схемата на експерименталната уредба се вижда, че има монтирани два разпръсквача задвижвани от два хидромотора. Двата хидромотора са свързани последователно, което предполага, че имат една и съща честота на въртене. Хидравличната станция подава масло под налягане, чиито дебит се регулира от регулатора на дебит (7) и по този начин може да се регулира честотата на въртене на разпръсквачите в много широки граници. Двата разпръсквача са свързани последователно, което предполага една и съща честота на въртене. Честотата на въртене на разпръсквачите се измерва на единия от тях с тахометър. На този разпръсквач, на който се измерва честотата на въртене не се подава работна течност. Посредством кран и измерване с дебитомер се подава желания дебит на разпръсквача който се изследва.



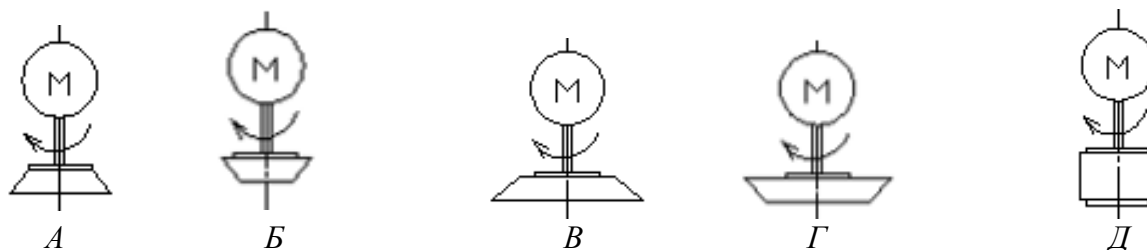
Фиг. 2.3. Схема на експерименталната уредба

3. Разпръсквач; 2. Хидродвигател; 3. Помпа за вода; 4. Дебитомер; 5. Манометър; 6. Кран спирателен; 7. Регулатор на потока; 8. Измервателен уред; 9. Задвижваща хидростанция; 9.1. Регулатор на дебита; 9.2. Ел. двигател; 9.3. Резервоар за хидравлично масло; 9.4. Хидравлична помпа.

Честотата на въртене на ротационните разпръсквачи е определяна при предпоставката за осигуряване на една и съща периферна скорост на различните изследвани разпръсквачи. По

този начин се осигурява сравнимост на получените резултати в зависимост само от формата и размерите на разпръсквача.

На фиг. 2.4. са показани схемите на разполагане на разработените ротационни разпръсквачи. Предвидена е възможност за монтирането им към главината в две положения на разпръскващата повърхност – надолу (както е на фиг.2.4 А,В) и нагоре фиг.2.4 Б,Г. Варианти В и Г имат по две изпълнения – с гладка и с назъбена периферия (фиг. 2.5.А,Б)



Фиг. 2.4. Схеми на изследвани варианти ротационни разпръсквачи собствена конструкция.

А- диаметър 254 mm обвърнат надолу,
 Б - диаметър 254mm обвърнат нагоре,
 В - диаметър 330mm обвърнат надолу,
 Г - диаметър 330mm обвърнат нагоре,
 Д – тип мрежа.



А) С гладка периферия

Б) С назъбена периферия

В) Мрежа

Фиг. 2.5. Видове разпръскващи работни органи

Изследваните разпръсквачи са поставяни в различно разположение спрямо опръскваната повърхност. Дебитите са избрани в работния диапазон на разпръсквача. Тяхното измерване и поддържане е извършвано с AAMS Passive Flow Meter Sprayers [Salvarani srl] При разпръсквач обвърнат надолу са направени опити на височина $H=50$ cm, дебит $D=2.8$ l/min и е променяна честотата на въртене $n=1500, 1600, 2100, 2200, 2650, 2800$ min⁻¹.

При разпръсквач обвърнат нагоре са направени опити при височина на разпръсквача $H=50$ cm, дебит $D= 2.8, 1.8, 0.8$ l/min.

При $D=2,8$ l/min са променяни честотата на въртене $n=1120, 1300, 1540, 1740, 1960$ min⁻¹.

При $D=1,8$ l/min са променяни честотата на въртене $n=1120, 1540, 1960$ min⁻¹.

При $D=0,8$ l/min са променяни честотата на въртене $n=1120, 1540, 1960$ min⁻¹.

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРЪСКВАЧИ MICROMAX III И МОДИФИЦИРАН ВАРИАНТ

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 - обвърнат нагоре и надолу, разположени на 0,5 m над улавящата повърхност. Изследвано е разпределението на работната течност по работната

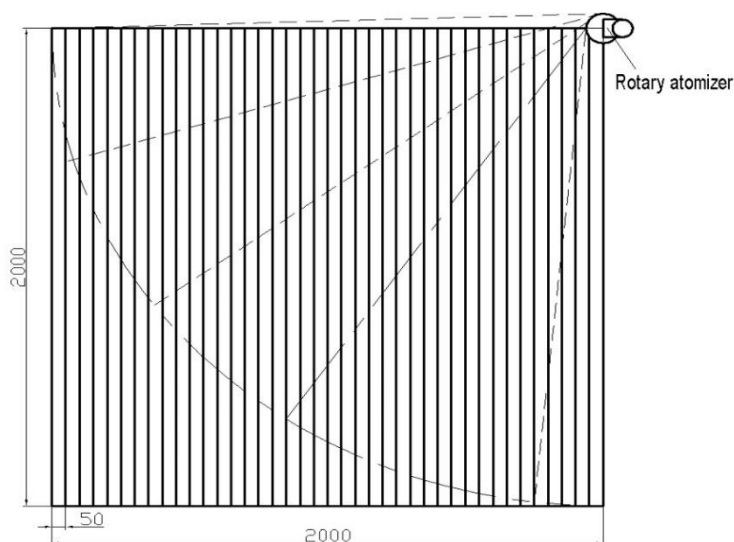
широчина на разпръсквача за трите режима на работа на разпръсквачите Micromax III (2000, 3500, 5000 min^{-1}) при различни дебити и три различни височини ($H=30; 40; 50$ cm) на разполагане на разпръсквачите над събиращата тава. Трите режима на работа реализират периферна скорост на диска съответно 6,5; 11,4 и 16,2 m/s . Използвана е жълтата дюза от комплекта към разпръсквача. Дебитите са избрани в горния работен диапазон на разпръсквача и е работено с дебити 1,2; 1,5; 1,8; 2,1 и 2,4 l/min . Тяхното измерване и поддържане е извършвано с дебитомер AAMS Passive Flow Meter Sprayers.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА РАБОТНАТА ТЕЧНОСТ ПО РАБОТНАТА ШИРИНА НА РАЗПРЪСКВАЧА

Изследването на разпределението на работната течност по работната широчина на разпръсквача се извършва с помощта на изработен за целта стенд общия вид, на който е показан на фиг.2.6. Той представлява улейна тава с посочените на фиг.2.7 размери и дълбочина на улеите 100 mm. Изработен е съобразно изискванията на ISO 5682- 1/1996.



Фиг.2.6. Общ вид на улейната тава

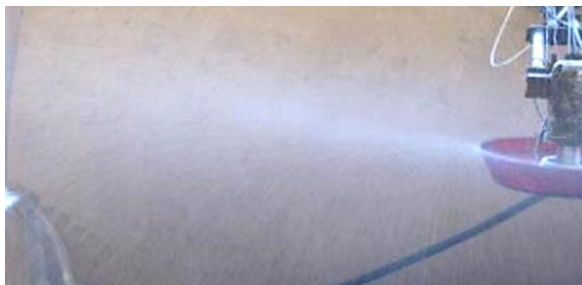


Фиг. 2.7. Схема на сектора, от който се събира работната течност

Глава 3. ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ПРОЦЕСА НА РАЗПРЪСКВАНЕ ПРИ РАБОТА НА РОТАЦИОНЕН РАЗПРЪСКВАЧ ОТ ЩАНГОВА ПРЪСКАЧКА

КАПКООБРАЗУВАНЕ ПРИ РОТАЦИОННИТЕ РАЗПРЪСКВАЧИ

От известните методи за разпръскване, ротационният е с най-богати възможности за осигуряване на капки с желан диаметър. Разпръскването на течност с ротационни разпръсквачи е сложен физически процес, зависещ от много външни и вътрешни фактори, които определят диаметъра на получените капки.



a)

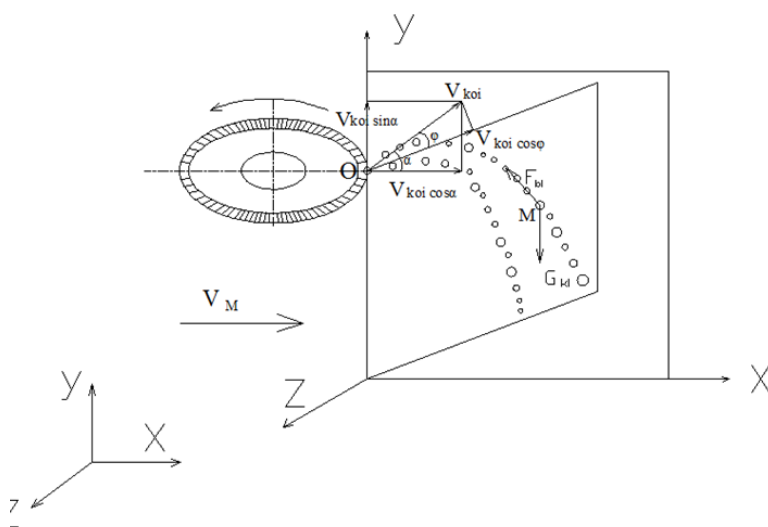


b)

Фиг.3.1. Общ вид на капкообразуването при
a) разпръсквача наша разработка
b) при Micromax III



Фиг. 3.2. Общ вид на факела при работа с барабанен разпръсквач



Фиг. 3.3. Графично представяне на приетите означения на параметрите при движението на капките след разпръскване.

Абсолютната скорост е насочена под ъгъл α , ъгълът на наклона на разпръскващата повърхност на разпръсквача. Нейната големина се определя по формулата:

$$V_{K0i} = \sqrt{V_{k0ix}^2 + V_{k0iy}^2}, \quad (3.1)$$

където: V_{k0ix} и V_{k0iy} са проекциите на абсолютната скорост на капката, която напуска периферната повърхност на разпръсквача, съответно по осите X и Y на абсолютната координатна система.

От своя страна тези компоненти се определят от изразите:

$$V_{k0ix} = V_{3x} - V_M; \quad V_{k0iy} = V_{3y}, \quad (3.2)$$

където: V_{3x} , V_{3y} са проекциите на скоростта на разпръскващата чаша на разпръсквача съответно по оста X и Y на относителната координатна система.

Проекциите V_{3x} и V_{3y} зависят от ъгъла α и се определят от следните формули:

$$V_{3x} = V_3 \cos \alpha; \quad V_{3y} = V_3 \sin \alpha. \quad (3.3)$$

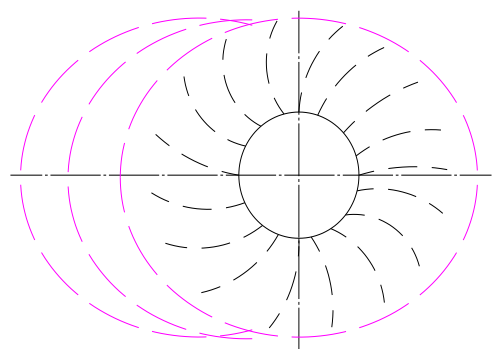
Като се заместят формулите (3.2) и (3.3) във формула (3.1) се получава окончателния израз (3.4) за намиране на абсолютната скорост на капката напускаща разпръсквача и преминаваща към третираните обекти.

$$V_{K0i} = \sqrt{(V_3^2 \cos^2 \alpha - V_M)^2 + (V_3^2 \sin^2 \alpha)^2} \quad (3.4)$$

Това е случая, когато посоката на полета на капката е в надлъжно вертикалната равнина спрямо посоката на движение на машината. За да се намери общия случай съществуват два начина. Единият е като се разгледа пространствена координатна система и освен осите x и y се въведе и координата z , или във формула 3.4. вместо V_M се въведе функция $f(V_M)$ формула (3.5) която е периодична функция изменяща се в интервала от нула до V_M . $V_M = 0$ в случая когато скоростта на полета е по посока перпендикулярна на посоката на движение. Тогава проекцията на постъпателната скорост на машината V_M в разглежданата равнина е равна на нула. Другият граничен случай е когато приема стойност V_M случая описан с формула 3.4.

$$V_M = f(V_M) \quad (3.5)$$

Всички тези явления показват, че се получава едно деформиране на факела вследствие на постъпателната скорост на машината (фиг.3.4).



Фиг. 3.4. Влияние на постъпателната скорост върху деформирането на разпръсквания факел

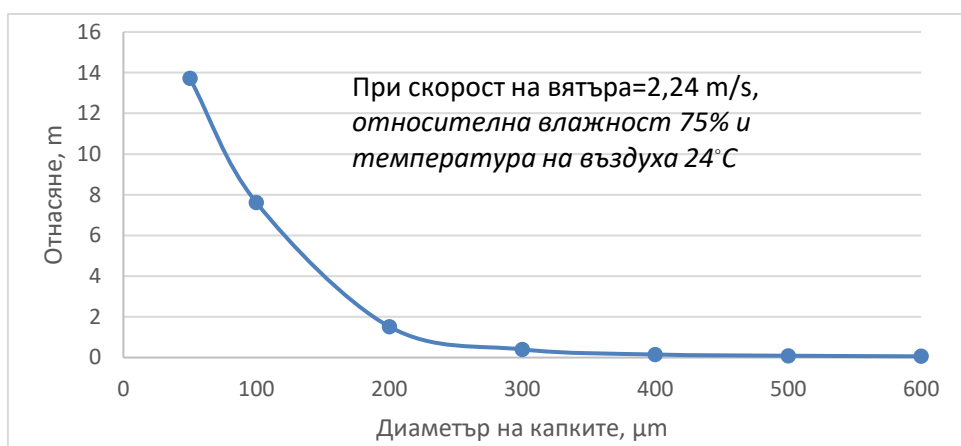
За да се изследва това деформиране на разпръсквания факел се разглежда правоъгълна координатна система в надлъжно хоризонталната равнина спрямо посоката на движение на машината, така най-ясно се вижда влиянието на постъпателната скорост. Разглежда се случай на разполагане на разпръсквания диск в разглежданата равнина. Възможни са варианти на разположение в надлъжно вертикалната равнина при опръскване на високостеблени култури като слънчоглед или овощни култури и лозя, тогава деформацията на факела би следвало да е подобна но завъртяна на 90° след като по нататък ще бъде доказано, че влиянието на силата на

тежестта или масата на капките не оказват влияние върху траекторията на движение. Погледнато отгоре в този случай се получава едно огъване на разпръскващия факел. До известна степен този недостатък се преодолява чрез вентилаторните пръскачки, където скоростта на разпръскващата струя е много по-голяма от скоростта на движение на машината, но и при тях това явление не може да се пренебрегва. Аналогично на формула 3.4 началната скорост във равнината xOz е:

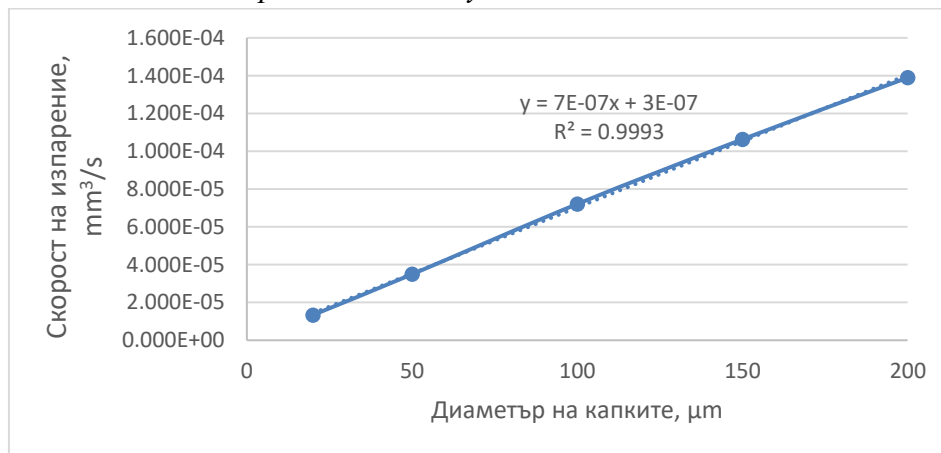
$$V_{K0i} = \sqrt{(V_3^2 \cos\varphi - V_M)^2 + (V_3 \sin\varphi)^2}, \quad (3.6)$$

където φ е ъгъла на завъртане на разпръскващата чаша.

Изборът на диаметър на използваните капки трябва да е съобразен и с възможностите им за отнасяне (фиг. 3.5) и изпарението им (фиг. 3.6). От графиката се вижда, че при тези условия капки с диаметър над 0,180 mm се отнасят до 2 m. Скоростта на изпарение има линейна корелация с диаметъра на капките, колкото е по-голям техния диаметър толкова скоростта на изпарение е по-голяма. При това трябва да се има предвид, че следствие на изпарението се променя и концентрацията на активното вещество в капката.



Фиг. 3.5. Отнасяне на капките при посочените условия в зависимост от техния диаметър



Фиг.3.6. Скорост на изпарение от повърхността на капките в зависимост от техния диаметър

Теоретично необходимият разход на работна течност за провеждане на дадено мероприятие може да се определи като се вземе предвид площта на третирувания обект, средния обем на капковия спектър, агротехническите изисквания за плътността на капковото покритие и загубите на работна течност.

$$Q = \frac{S \cdot n(1+k) \cdot D_v^3}{\eta},$$

където S е лицева площ на третирувания обект на хектар, m^2/ha ;
 n – плътност на капковото покритие според агротехническите изисквания, $бр/cm^2$;
 k – съотношение на плътността на капковото покритие на гръбната към лицевата страна;

D_v – среднообеман диаметър на капките, mm

η – процент работна течност оползотворена по предназначение, %

$\eta = 100 - \eta_d - \eta_e - \eta_{nt} - \eta_{fd}$,

η_d е процента на отнесената в страни от опръсквания обект въздушно капкова смес;

η_e - процента на загуби от изпарени капки работна течност;

η_{nt} - процента на загуби от не попаднали по третирувания обект капки;

η_{fd} - процента на загуби от стичане на капките.

Разходните норми на пестицид обикновено се дават на единица площ. Третираната реално площ се променя с развитието на третирувания обект, сорта и технологията на отглеждане. Реалната разходна норма на препарат (R) може да се определя на основата на изказа:

$$R = R_{et} \cdot k_r,$$

където R_{et} е етикетната доза на препарата, а k_r е редукиционен коефициент.

Редукиционният коефициент ще зависи от конкретните условия, третирувания обект, изискванията на провежданата борба и условията, при които и за които е определяна разходната норма.

Задачата за оптимизация се състои в обосноваване на разходна норма реализираща ефективна растителна защита при минимални екологически последствия и финансови разходи.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ФОРМАТА И ПАРАМЕТРИТЕ НА ФАКЕЛА ПОЛУЧАВАН ОТ РОТАЦИОНЕН РАЗПРЪСКВАЧ

Ротационните разпръсквачи по принцип създават кръгов факел. Математическият модел на процеса построяваме при предпоставките, че ни е известно: законът на разпределение на капковия поток по централния ъгъл α , deg на факела $f(\alpha)$; законът на разпределение на далечината на полета на капките ($f(\rho)$) в зависимост от радиуса r , m ; дебитът на опръскващата система Q , l/min ; разходът на работна течност q , l/ha ; нулева скорост на вятъра; постоянна височина над опръсквания обект h , m ; хоризонтална повърхност на опръсквания обект и работна скорост на машината V , m/s .

Вероятността P от попадане на работна течност на елементарна площадка може да се определи като произведение на вероятностите от попадането ѝ в диапазона на елементарния ъгъл $d\alpha$ и радиус dr

$$P(df) = f(\alpha)d\alpha \cdot f(r)dr$$

Интензивността на количеството течност попаднало на елементарната площадка за единица време може да се намери по формулата:

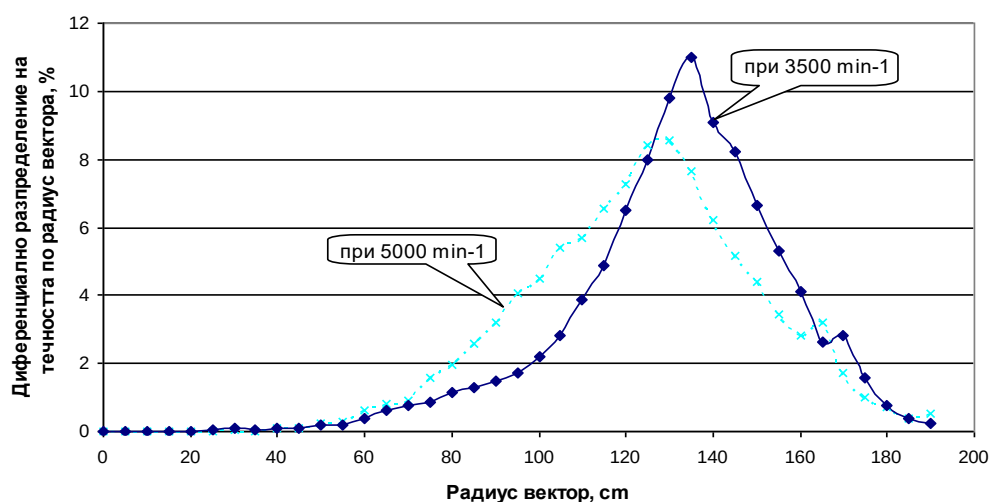
$$I = Q f(\alpha)f(r)/r,$$

а количеството работна течност (разхода на работна течност) попаднало върху елементарната площадка - $q_F = It$

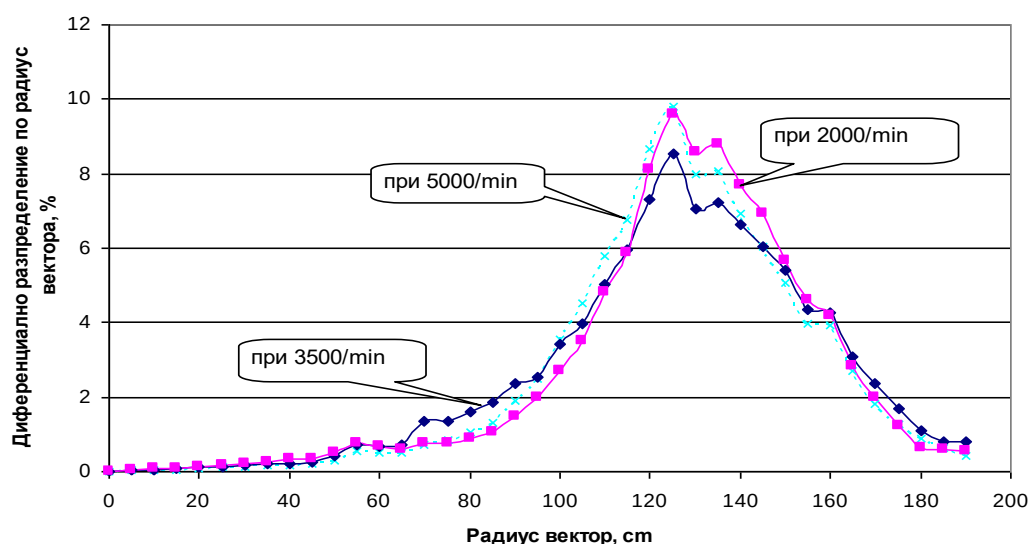
$$q_F = \int I d / V_m$$

С използването на улавящата тава показана във втора глава са получени диференциалните разпределения на течността при ротационни разпръсквачи: Micromax III при две честоти на въртене и модифициран Micromax III при три честоти на въртене. Вижда се, че при оригиналното изпълнение разпределението зависи от честотата на въртене (фиг. 3.7), докато при

модифицирания от нас разпръсквач формата и характера на разпределението не се променят при различните честоти на въртене (фиг. 3.8).

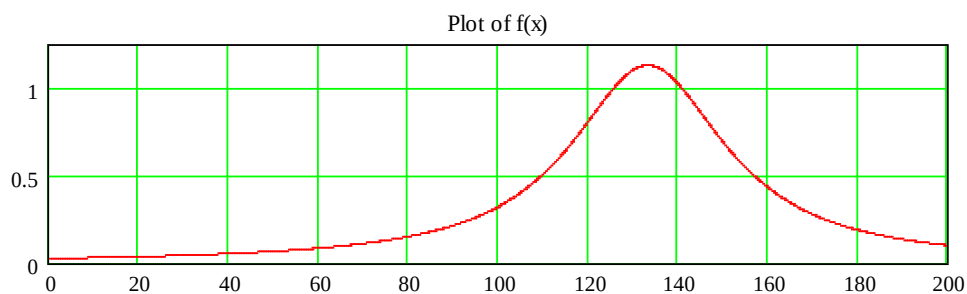


Фиг.3.7. Процентно разпределение на обема работна точност по радиус вектора на ротационен разпръсквач Micromax III при две честоти на въртене на работния орган

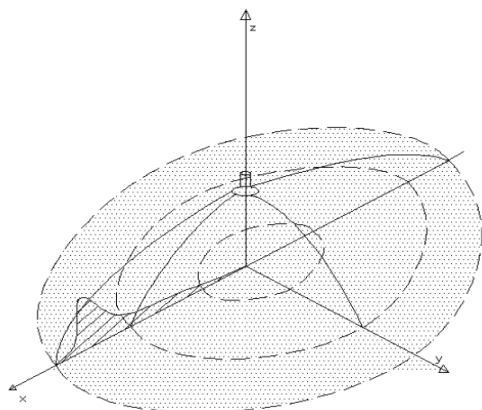


Фиг. 3.8. Процентно разпределение на обема работна точност по радиус вектора на модифициран ротационен разпръсквач тип Micromax III при три честоти на въртене на работния орган

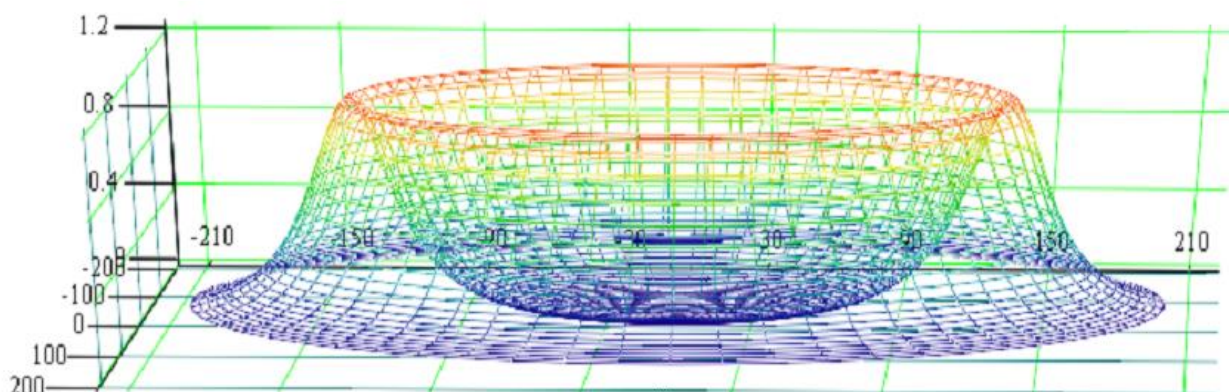
Получените опитни данни бяха апроксимирани и на тяхна база в среда Mathcad са построени интензивността на разпределение на работната точност по радиус вектора на ротационен разпръсквач (фиг. 3.9) и на основата на общия вид на аналитичния модел показан на фиг. 3.10 е построен вида на пространствената интензивност на разпределение на работната точност при ротационен разпръсквач (фиг.3.11)



Фиг.3.9. Общ вид на интензивността на разпределение на работната течност по радиус вектора на ротационен разпръсквач



Фиг.3.10 Моделиране на разпределението на работна течност при ротационен разпръсквач



Фиг.3.11. Общ вид на пространствената интензивност на разпределение на работната течност при ротационен разпръсквач

ИЗВОДИ

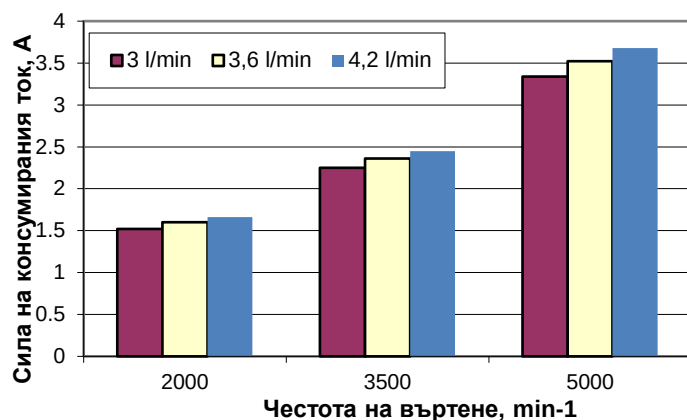
1. Изработената структура на елементите на процеса разпръскване на ротационен разпръсквач позволява той да се изследва комплексно и да се получи ясна представа за явленията, които протичат при откъсване на капките от разпръскващия елемент и тяхното придвижване до третираните обекти.
2. Силата породена от масата на капката е относително малка в сравнение с другите сили, които действат върху капката.

3. Изчислената стойност на скоростта на работната течност на ръба на диска е 10% от тангенциалната му скорост. За да се избегне този неблагоприятен ефект при разработените разпръсквачи към периферията на диска са оформени канали.
4. При разпръскването на течност с ротационни разпръсквачи в зависимост от дебита на работната течност, размерите на разпръсквача, честотата на въртене и физическите свойства на течността се наблюдават три режима на работа.
5. Диаметърът на капките при първия режим на работа в най-голяма степен се влияе от честотата на въртене и по-малко от физическите свойства на течността и радиуса. Образуваните капки са основни и капки спътници, като диаметъра на вторите е 2,5 пъти по-малък.
6. При втория режим всички капки, които се образуват са „вторични”, т. е. отделят се от течните нишки, а не директно от периферията.
7. Условията, при които се преминава от един в друг режим на разпръскване на работната течност са различни при дискови и барабанни разпръсквачи.
8. Върху диаметъра на капката най-много влияние оказва диаметъра на разпръсквача. С нарастването му диаметъра на капките намалява. С увеличение на дебита на работната течност нараства диаметъра на капките.
9. От физическите свойства на течността най-съществено влияние оказва повърхностното напрежение и то при силно вискозни течности. Колкото по-голямо е то, толкова диаметъра на капките е по-голям при еднакви други условия.
10. Третият режим по същество е режим на полидисперсно разпръскване, подобен на разпръскването, получено с обикновените разпръсквачи (хидравлични и пневматични).
11. За да се използват предимствата на ротационното разпръскване е необходимо да се работи в рамките на първия и втория режим на разпръскване.
12. Дебитът на разпръсквача оказва решаващо влияние върху диаметрите на получаваните капки и до получаването на монодисперсно или полидисперсно разпръскване.
13. Установено е, че при свободното движение на капките в прехода между разпръсквача и третираните повърхности капките с различна маса имат едни и същи първи интегрални на движението, закони за изменение на скоростта и траектории на движение.
14. Съществува възможност за обосноваване на разходна норма реализираща ефективна растителна защита при минимални екологически последствия и финансови разходи.
15. Използването на капки с диаметър от порядъка 0.180-0.200 mm са препоръчителни от гледна точка на възможността им за отнасяне и скоростта на изпарение на работната течност.
16. Общият вид на пространствената интензивност на разпределение на работната течност при ротационен разпръсквач има формата на кратер.
17. При оригиналното изпълнение на разпръсквача Micromax III разпределението на работната течност зависи от честотата на въртене, докато при модифицирания разпръсквач формата и характера на разпределението не се променят при различните честоти на въртене.

Глава 4. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА КОНСУМИРАНИЯТОК

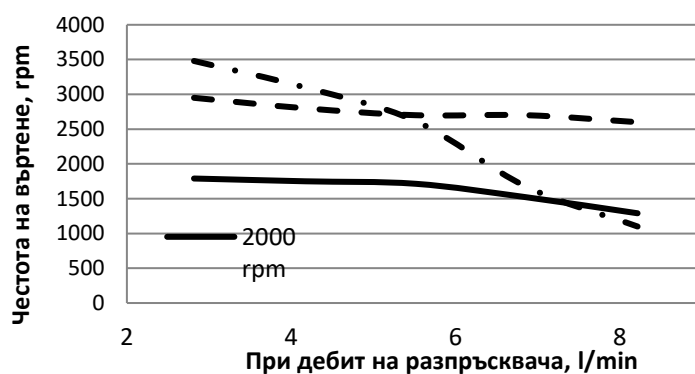
Ротационният разпръсквач Micromax III е производство на английската фирма Micron Sprayers Ltd. Той се задвижва с електродвигател, който се захранва от електрическата система на трактора. Конструктивно е предвидено промяна на честотата му на въртене чрез преместване на задвижващия ремък.



Фиг. 4.1. Сила на консумирания ток при три режима на работа на разпръсквача и три дебита на работна течност.

честотата на въртене, фиг. 4.1., като нарастване на дебита с 0,6 l/min влияе относително малко върху нарастването на консумирания ток.

В разпръсквачите Micromax III са предвидени три режима на въртене. Конструктивно е предвидено тези скорости да са 2000, 3500 и 5000 min⁻¹. Под влияние на дебита на работна



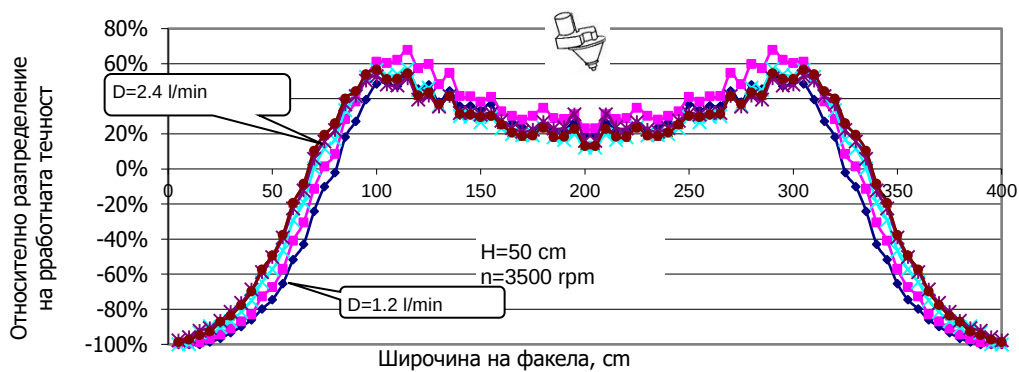
Фиг. 4.2. Зависимост на честотата на въртене в зависимост от дебита на разпръсквачите

На фиг. 4.1. е показана стойността на консумирания пусков и работен ток при трите режима на работа на разпръсквача при работа без работна течност. С увеличаване на честотата на въртене логично нарастват пусковия и работен ток. При това нарастването на пусковия ток е два пъти по-малко при преминаване от 2000 на 3500 min⁻¹ отколкото при 3500 на 5000. Точно обратна е ситуацията при силата на тока при работен режим.

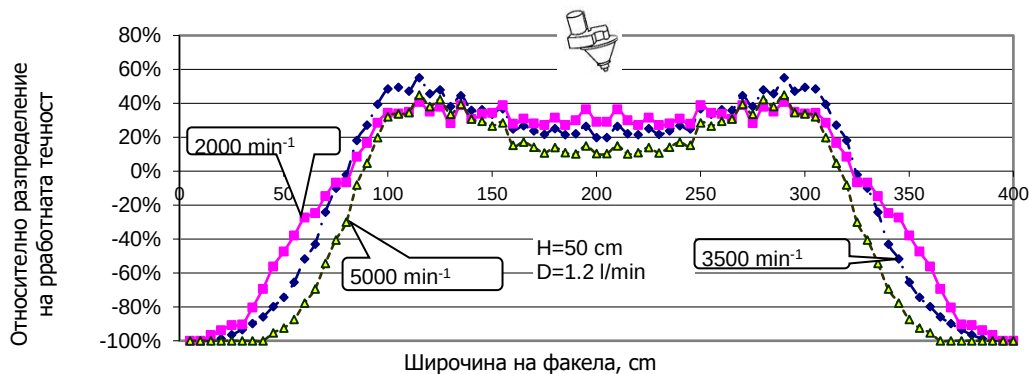
До 50% е нарастването на консумирания ток при промяна честотата на въртене, фиг. 4.1., като нарастване на дебита с 0,6 l/min влияе относително малко върху нарастването на консумирания ток. В разпръсквачите Micromax III са предвидени три режима на въртене. Конструктивно е предвидено тези скорости да са 2000, 3500 и 5000 min⁻¹. Под влияние на дебита на работна течност, който създава съпротивление на системата на задвижване, честотата на въртене намалява с увеличаване на дебита, като при това то е незначително при 2000 и 3500 min⁻¹ и значително по-голямо при максималната честота на въртене (фиг. 4.2.)

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА РАБОТНАТА ТЕЧНОСТ

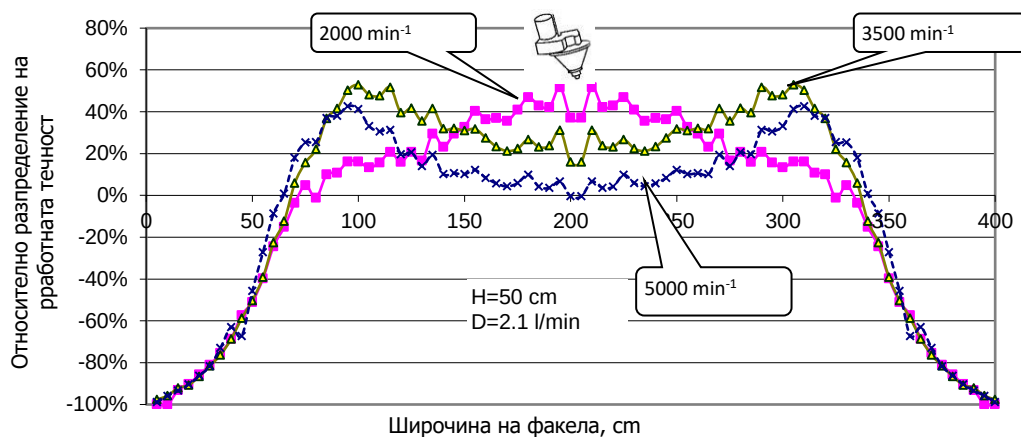
Увеличаването на дебита два пъти води до увеличение на ширината на разпръскване само с 5% при посочената височина на разполагане и честота на въртене на диска. Това показва, че промяната на дебита не води до съществена промяна на диаметъра на капките, което да доведе до промяна параметрите на факела, при една и съща честота на въртене.



Фиг. 4.3. Влияние на дебита върху относителното разпределение



А

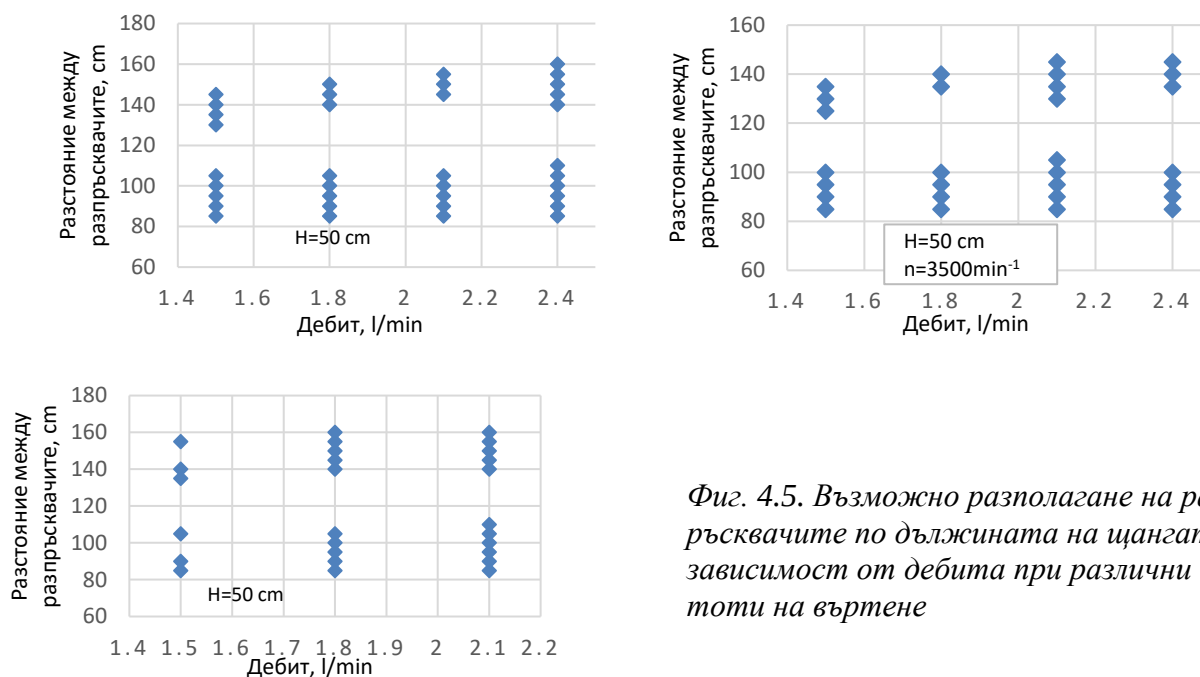


Б

Фиг. 4.4. Влияние на честотата на въртене върху относителното разпределение при различни дебити -

А - 1,2 l/min; Б - 2,1 l/min

Малко по-голямо е влиянието на честотата на въртене на диска и е различно в централната част на факела и периферията при различни дебити (Фиг. 4.4). При дебит от 1,2 l/min с увеличаване на честотата на въртене диаметърът на факела се намалява като прехода от максимална интензивност към края на факела е по-стръмен в сравнение с другите режими и в по-голяма степен факела е съсредоточен в кръгова лента.



Фиг. 4.5. Възможно разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата в зависимост от дебита при различни честоти на въртене

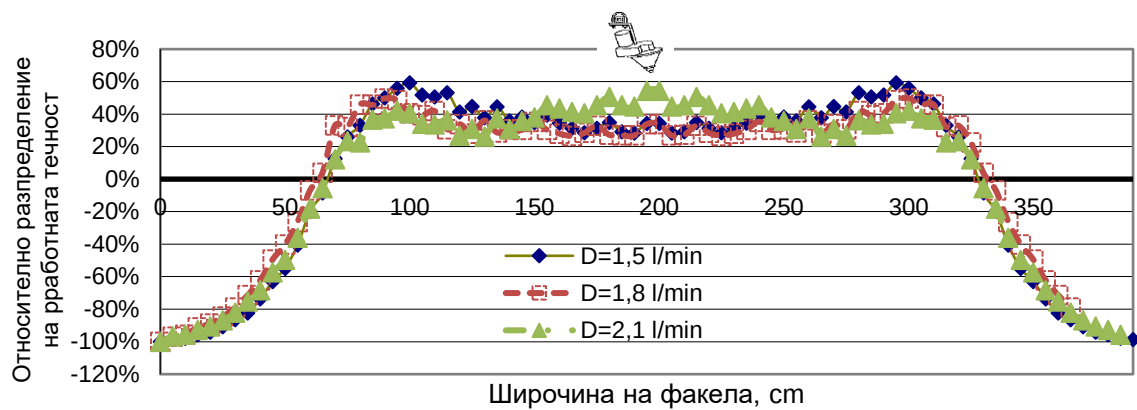
Както се вижда от фиг. 4.5. ясно се разграничават два възможни различни интервала на разполагане на разпръсквачите. Разстояние между тези разпръсквачи по дължината на щангата от 0,85-1,05 m осигурява изискванията при всички режими на работа на пръскачката. Същият резултат се получава и при използването на втория възможен интервал при 1,4 m. Втората стъпка на разполагане позволява броя на използваните разпръсквачи за покриване на същата работна ширина да се намали с 1/3.

При преобладаващ режим на използване от 2000 min^{-1} (фиг. 4.5) и дебит 1,5-2,1 това разстояние на разполагане може да е 1,05 или 1,55 m.

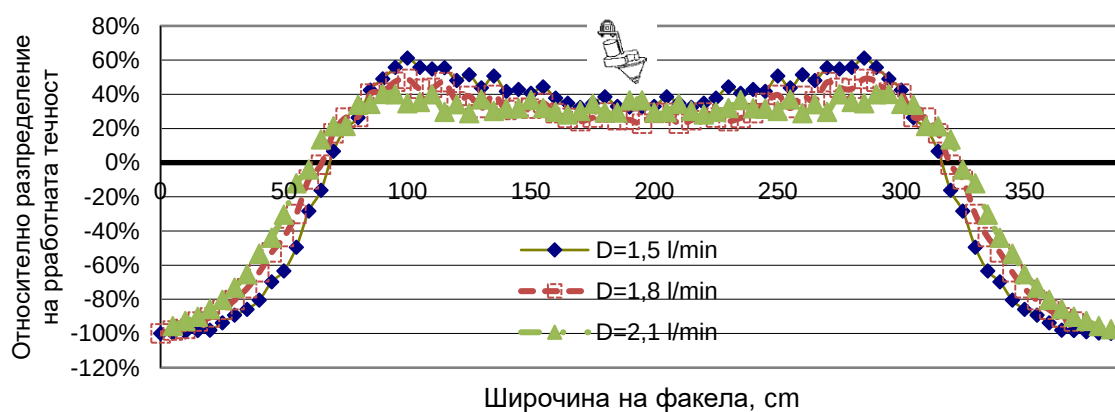
РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА МОДИФИЦИРАН РАЗПРЪСКВАЧ MICROMAX III

Модифицираният разпръсквач Micromax III представен в глава 2 е изследван при три дебита и три честоти на въртене при еднаква височина на разпръсквача (0.5 m) спрямо горната част на улавящата повърхност за измерване на разпределението на работната течност. Резултатите са представени на фиг. 4.6. от графиките се вижда, че с намаляване на честотата на въртене и с увеличаване на дебита факела се разширява. Това вероятно се дължи на по-едрите капки, които се получават при тази честотата на въртене и те изминават следствие на по-голямата си маса, по дълъг път.

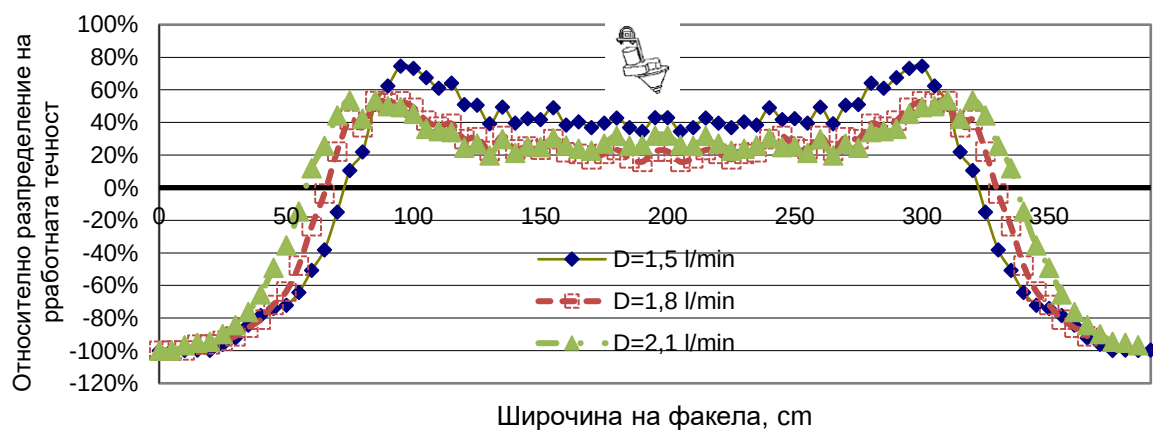
На Фиг. 4.7. са показани възможните разстояния на разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата, при които са изпълнени изискванията за равномерност на разпределение на изпръсканата течност. Показани са тези възможни разстояния в зависимост от избрания дебит при средно ниво на честотата на въртене 3500 min^{-1} . За разлика от класическия разпръсквач тук се наблюдават възможни разстояние на разполагане при разстояние - 3 m. Това показва, че при използването на този разпръсквач и работа с дебита над 1,5 l/min съществува възможност за намаляване на броя на необходимите разпръсквачи при една и съща работна ширина на машината.



А

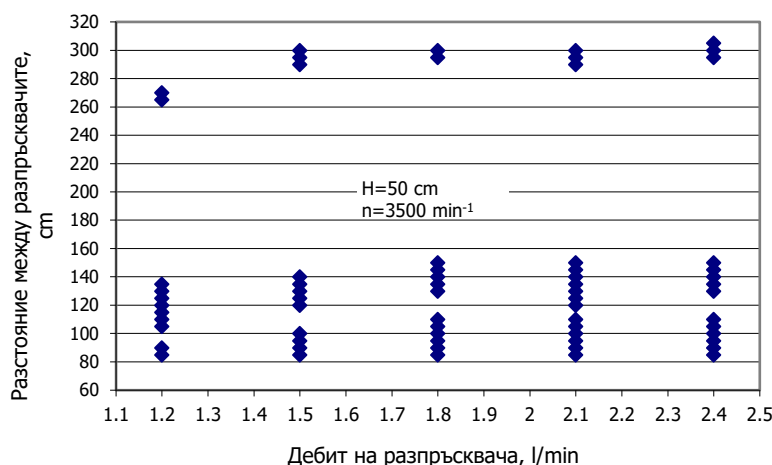


Б



В

Фиг. 4.6. Влияние на дебита върху относителното разпределение при честота на въртене
А - 5000 min⁻¹; Б - 3500 min⁻¹; В - 2000 min⁻¹



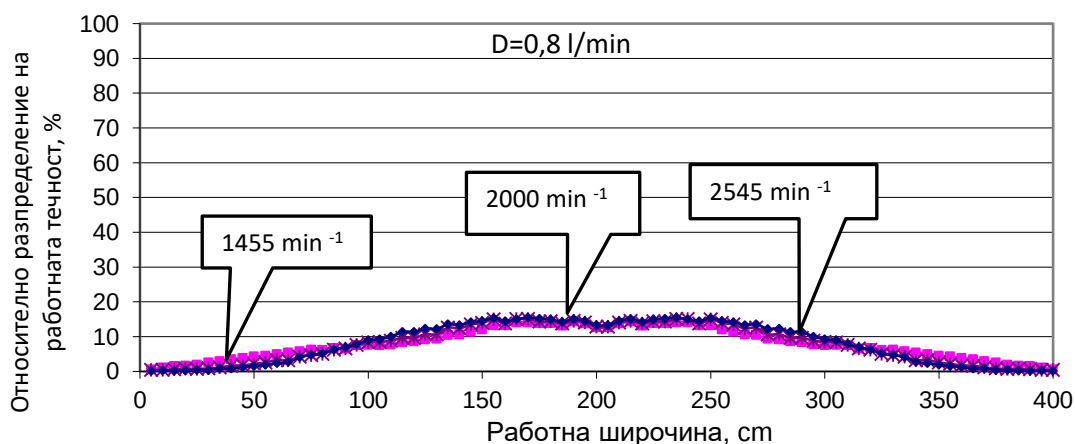
Фиг. 4.7. Възможни разстояния на разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата в зависимост от дебита при честоти на въртене 3500 min⁻¹

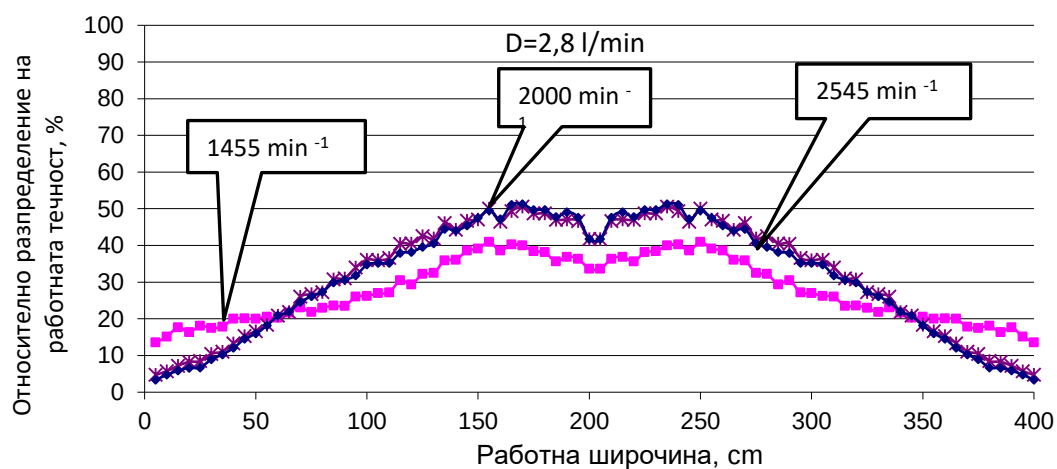
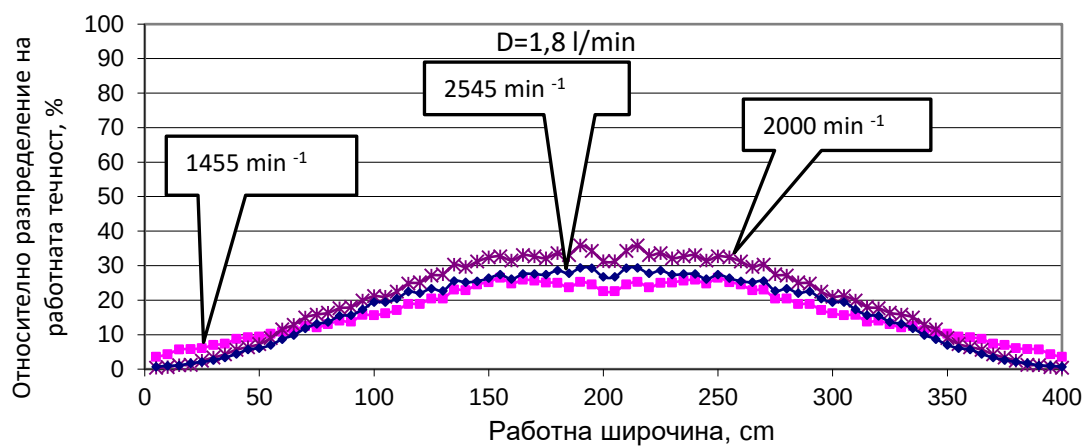
РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАЗПРЪСКВАЧИ СОБСТВЕНА КОНСТРУКЦИЯ

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАЗПРЪСКВАЧИ С ДИАМЕТЪР 254 mm

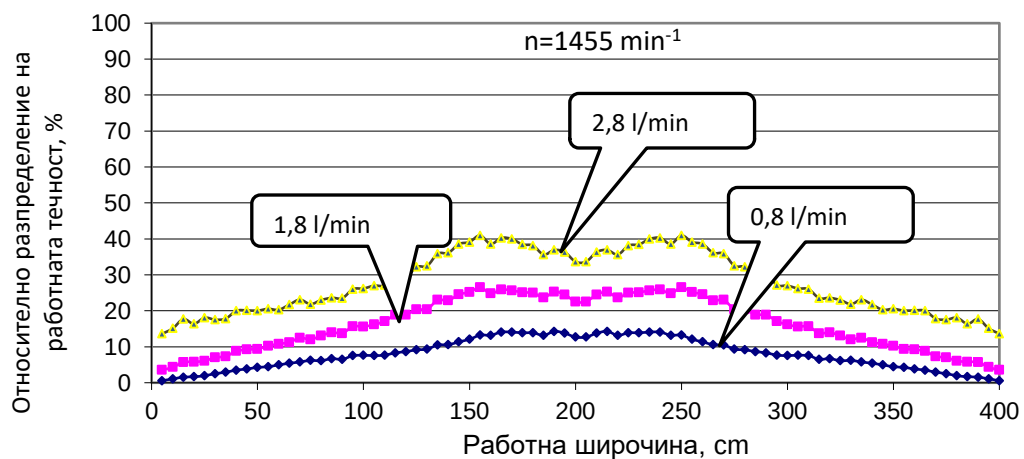
На фиг. 4.8 е показано относителното разпределение на работната течност по широчината на факела на ротационен разпръсквач, с хидравлично задвижване и диаметър на разпръскващия работен орган 254 mm обърнат нагоре. Различните три честоти на въртене са изобразени с различен тип на линиите а различните дебита са обособени в отделни графики. Вижда се, че с увеличаване на дебита количеството работна течност се съсредоточава към центъра на разпръсквача, като при висок дебит и честота работната течност се стреми към съсредоточаване в кръгов сектор. При ниска честота на въртене и дебит широчината на факела е най-голяма при най-малко отклонение от средното. 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.

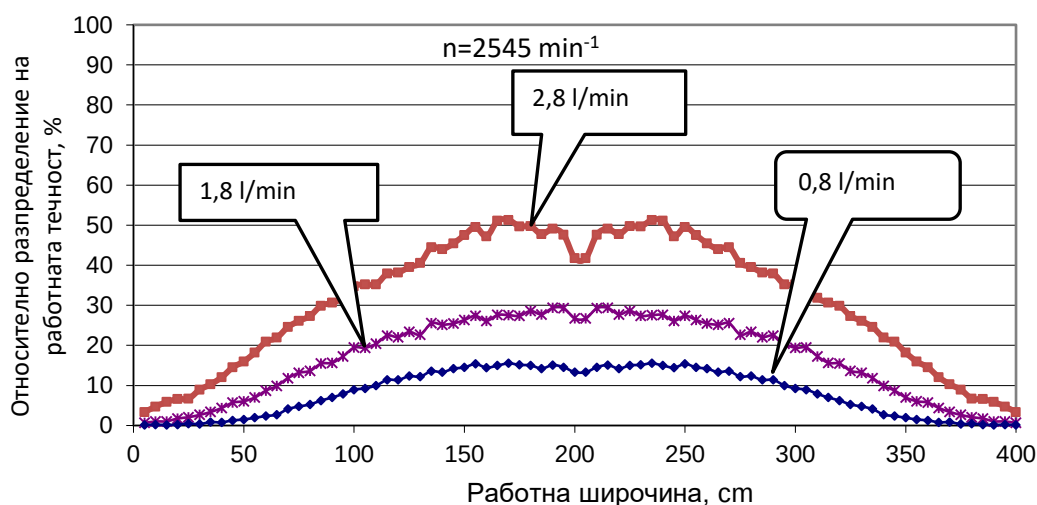
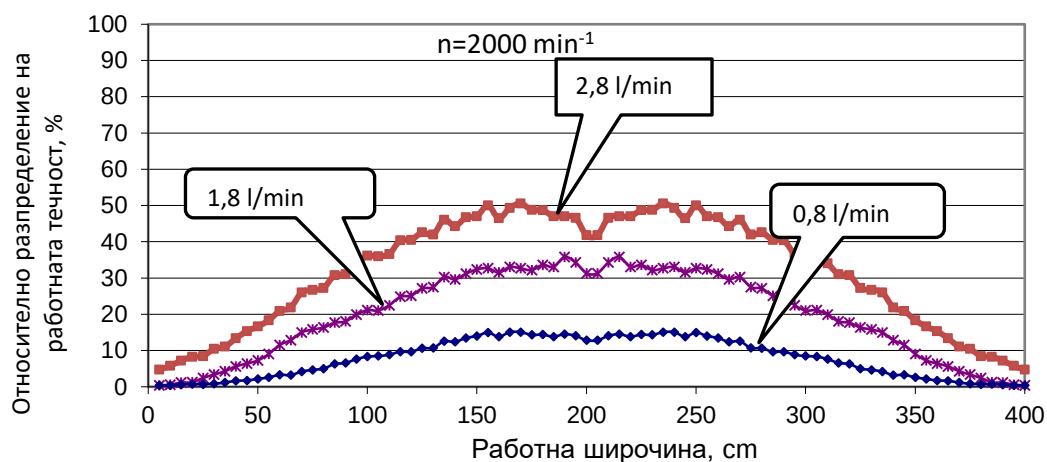
Линиите на относителното разпределение при различните честоти на въртене съвпадат или се разминават в различните области спрямо отдалечеността от разпръсквача докато на фиг. 4.9. линиите при различните дебита не само, че не са близо, не се разминават но и са доста далеч една от друга. Това сериозно потвърждава дебита като много по-сериозен фактор влияещ върху относителното разпределение на работната течност по широчина на факела и респективно по дължината на щангата, на която са монтирани разпръсквачите





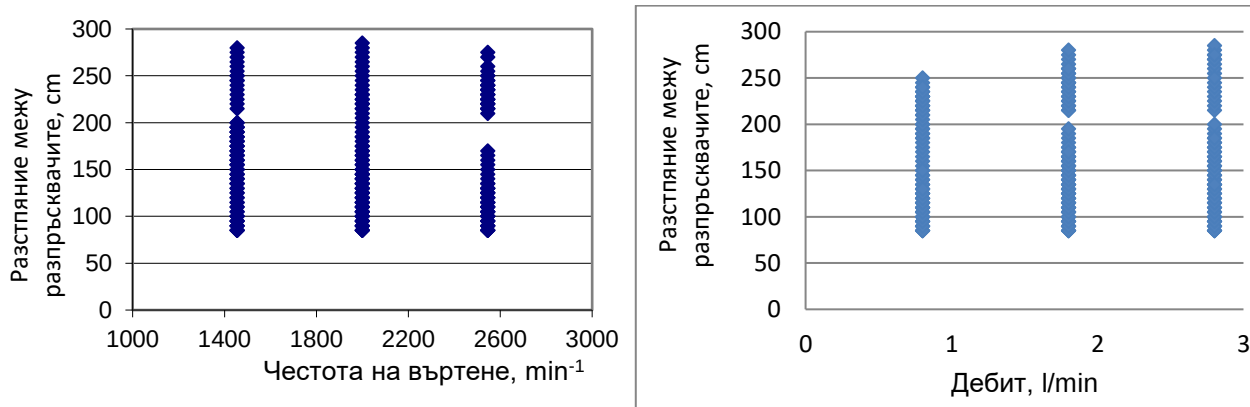
Фиг. 4.8. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела в зависимост от честотата на въртене при различен дебит на разпръсквач с диаметър 254 mm обърнат нагоре





Фиг. 4.9. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела в зависимост от дебита при различни честоти на въртене на разпръсквач с диаметър 254 mm обвърнат нагоре

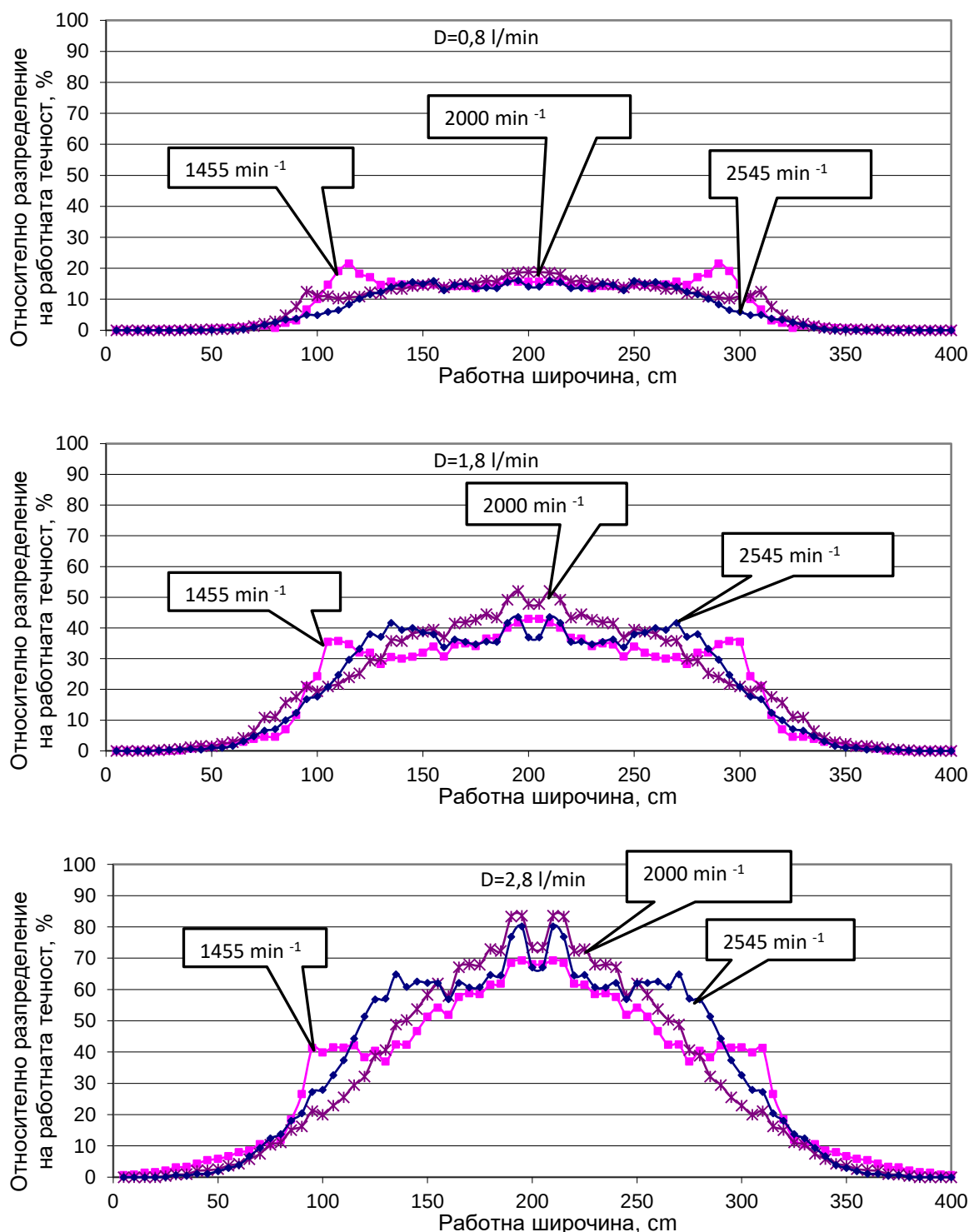
Фиг. 4.10. показва възможните разстояния на разполагане един от друг на ротационни разпръсквачи по широчината на щангата при разпръсквач работен орган обвърнат нагоре. Възможните разстояния са изчислени при допустимо отклонение според европейските изисквания за качество.



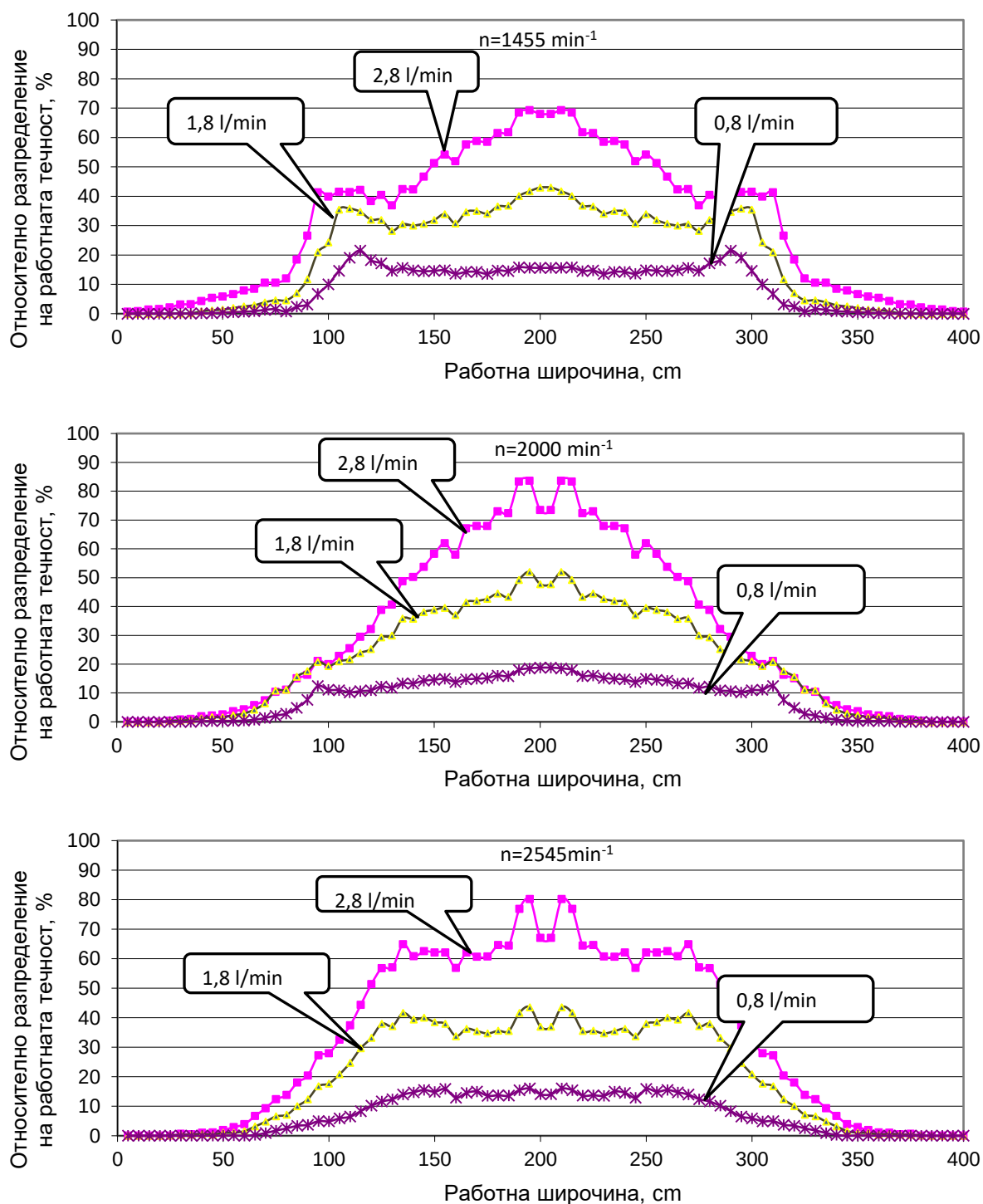
Фиг. 4.10. Разстояние на възможно разположение по широчината на щангата на разпръсквачи с диаметър 245 mm обвърнати нагоре

При разпръсквачи работни органи обвърнати надолу фиг. 4.11. се наблюдава по-рязка промяна 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 разстояния на разполагане. Вижда се, 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.

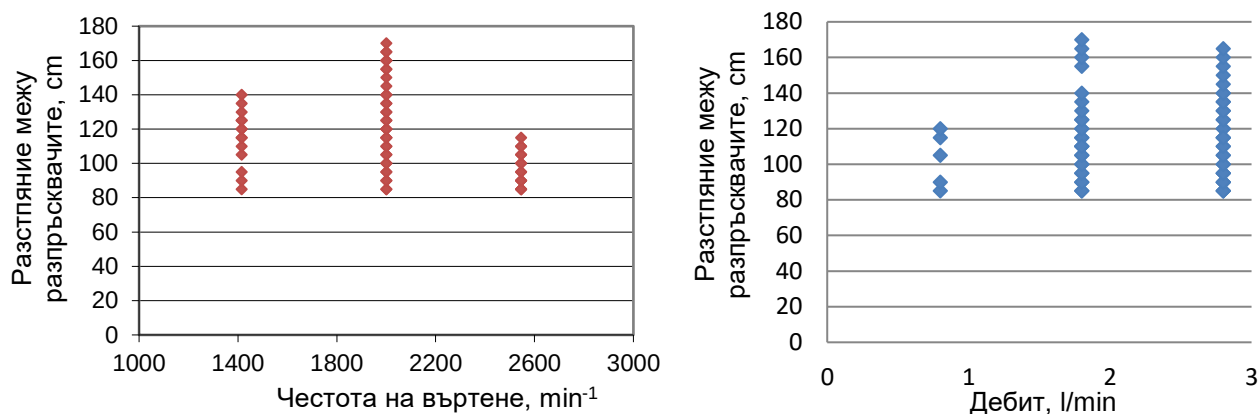


Фиг.4.11. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела в зависимост от честотата на въртене при различен дебит на разпръсквач с диаметър 254 mm обвърнат надолу при различни честоти на въртене



Фиг. 4.12. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела в зависимост от дебита при различни честоти на въртене на разпръсквач с диаметър 254 mm обърнат надолу при различни дебити.

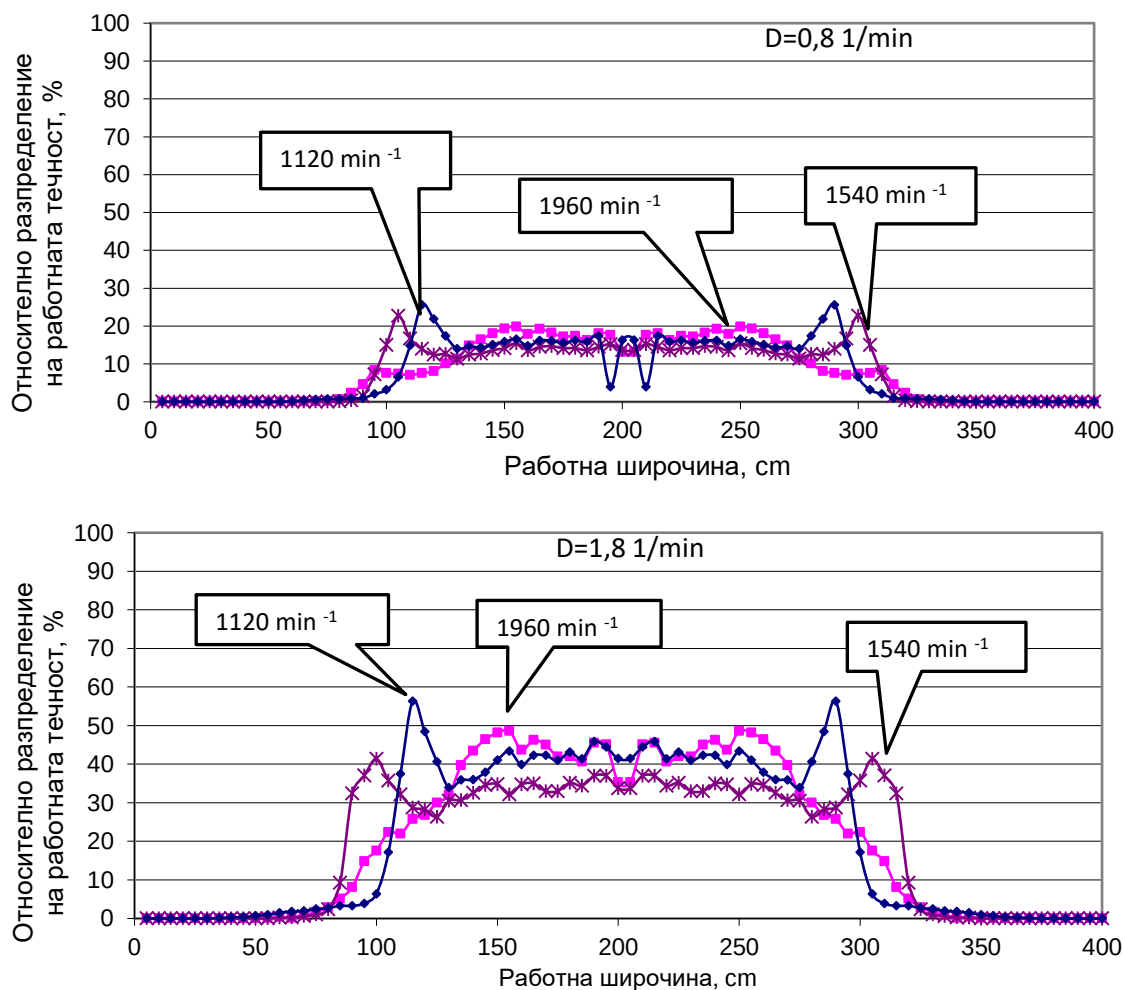
Разстоянията на разполагане на разпръсквач работен орган монтиран надолу фиг. 4.13. са доста по-ограничени в сравнение с монтирания нагоре фиг.4.10. Тук няма устойчива работа при различните режими и възможните разстояния може да се подбират съобразно режимите, в които ще работи разпръсквача. Ако разпръсквачът работи при честота на въртене 2000 min^{-1} е възможно да се монтират на разстояния 170cm.

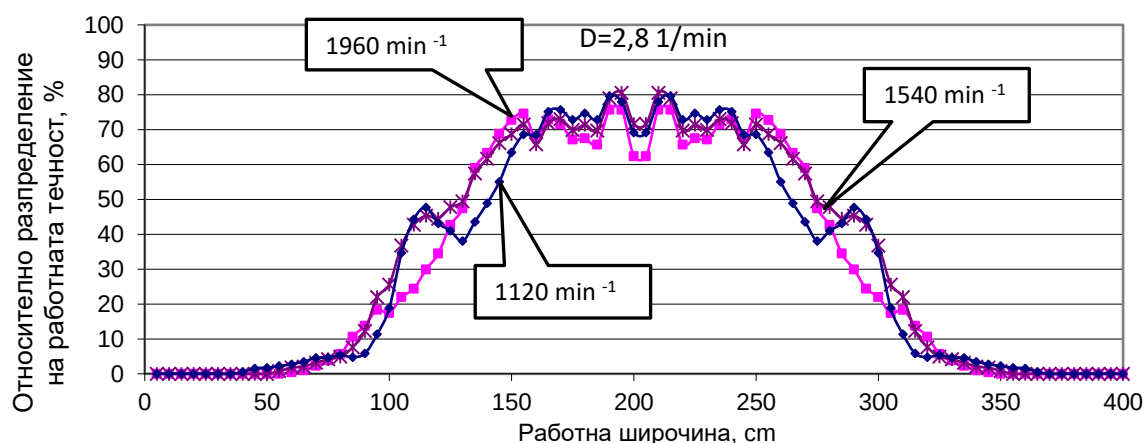


Фиг. 4.13. Разстояние на възможно разположение по широчината на щангата на разпръсквачи с диаметър 254 mm обърнати надолу

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАЗПРЪСКВАЧИ С ДИАМЕТЪР 330 mm

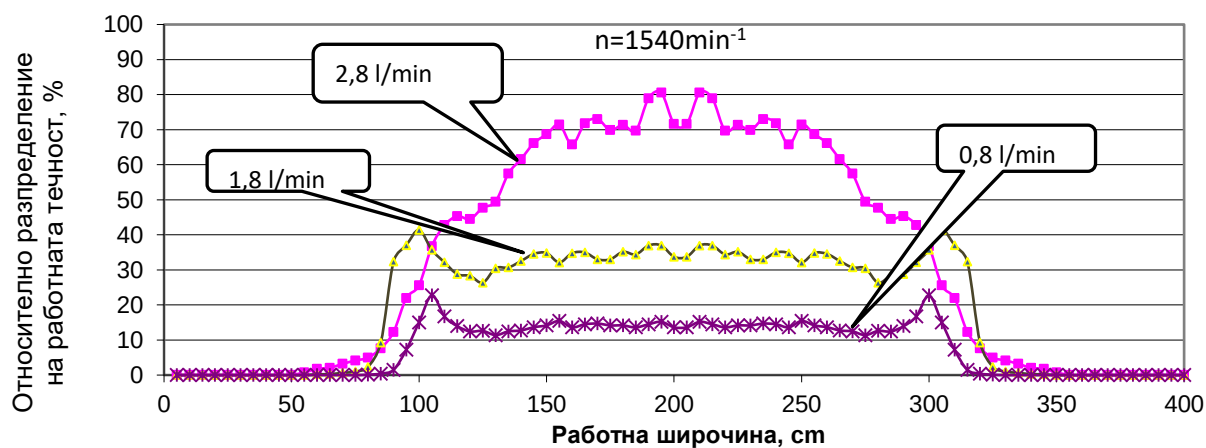
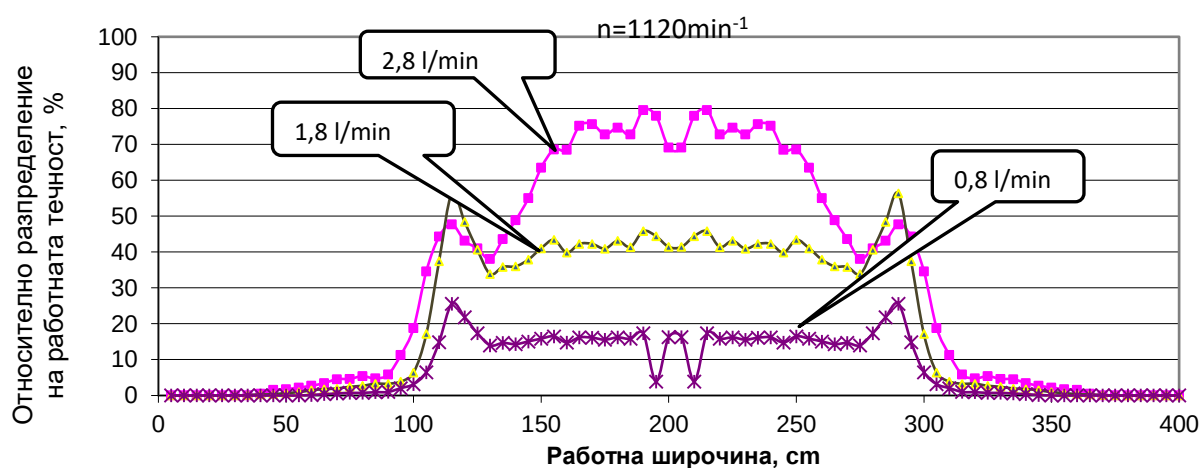
Изследването е проведено по същата методика с разликата, че честотата на въртене е подбрана така, че да се получи същата периферна скорост на въртене на разпръскващия работен орган. По-ниската периферна скорост при по-голям диаметър осигурява същата работна широчина на разпръсквача.

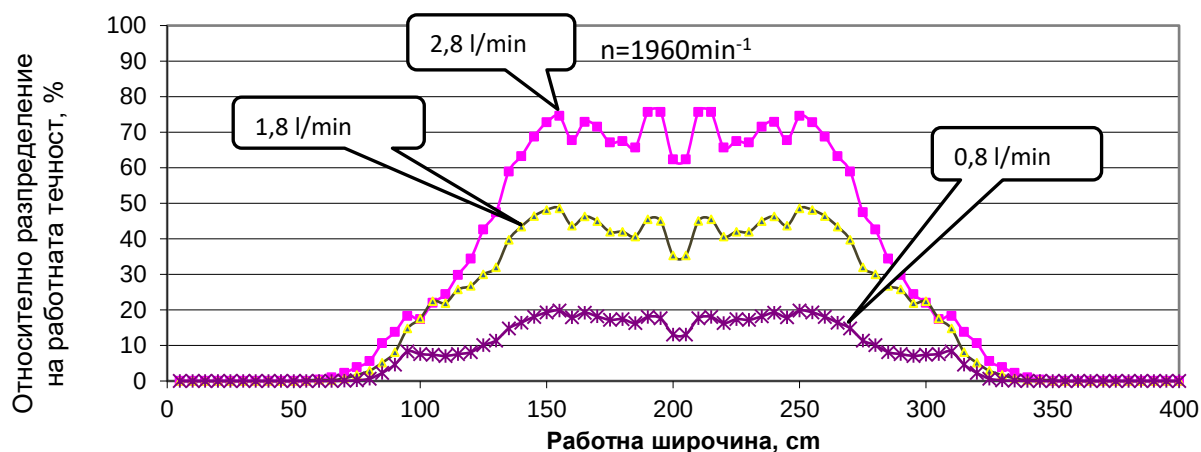




Фиг. 4.14. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела при различни честоти на въртене и дебити на разпръсквачи с диаметър 330 mm обърнати надолу при различни честоти на въртене

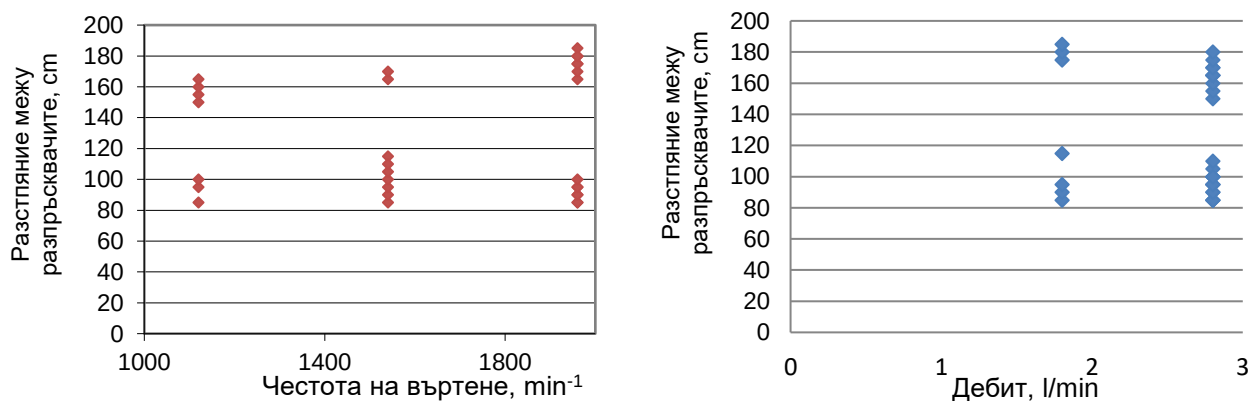
При увеличаване на честотата на въртене тези моментни стойности отличаващи се съществено от кривите на разпределение на работната течност по ширина на факела се изглаждат (фиг.4.15), но в самия център на разпръсквача се получава неравномерност при всички режими на работа.





Фиг. 4.15. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела и стъпка на възможно разположение по широчината на щангата на разпръсквачи с диаметър 330 mm обвърнати надолу при различни дебити.

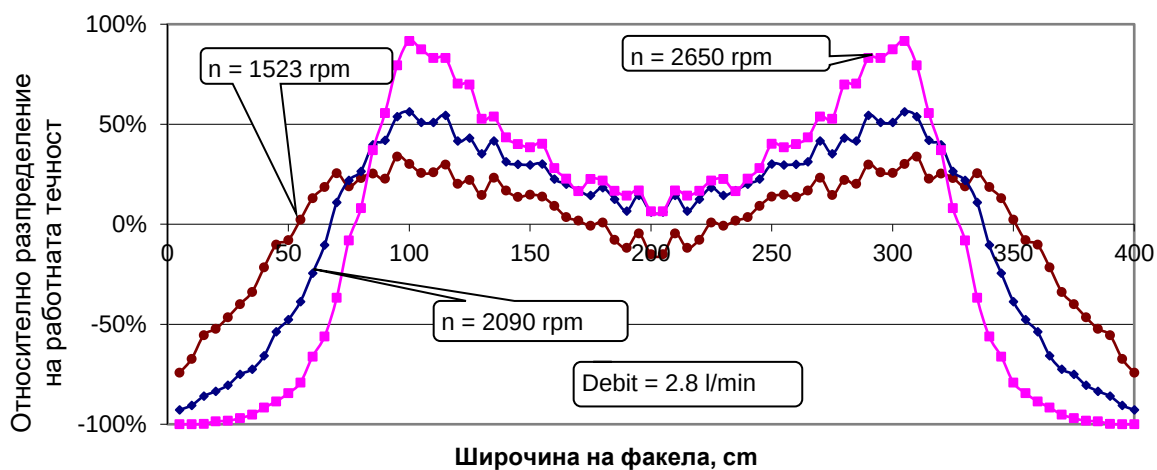
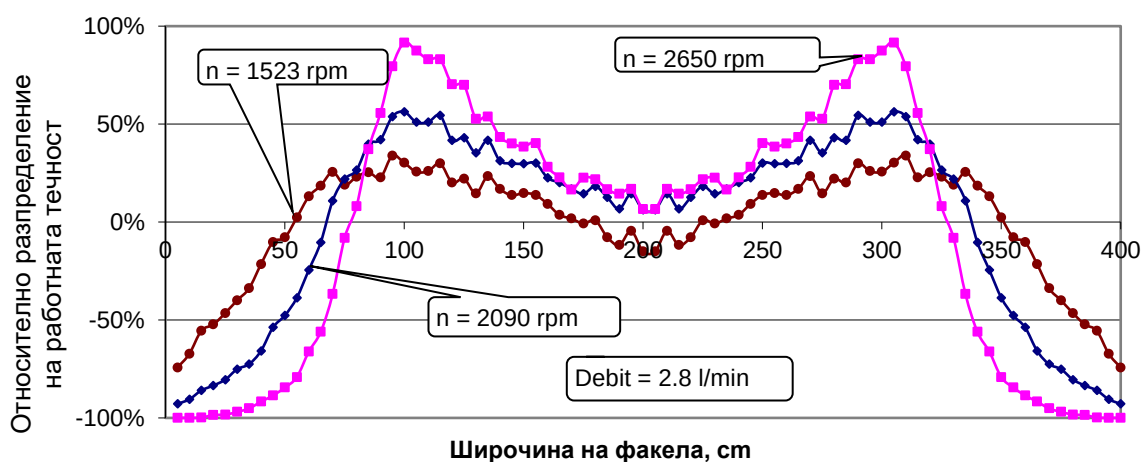
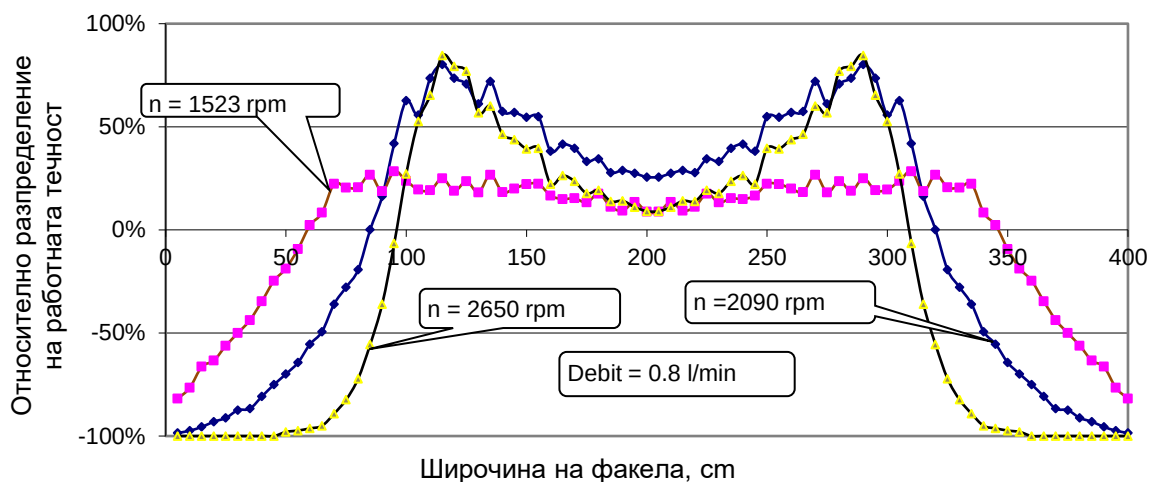
От фиг.4.16 се вижда невъзможността при използването на този разпръсквач да се подбере разстояние между разпръсквачите, което да отговаря на изискванията за равномерно разпределение.



Фиг. 4.16. Разстояние на възможно разположение по широчината на щангата на разпръсквачи с диаметър 330 mm обвърнати надолу

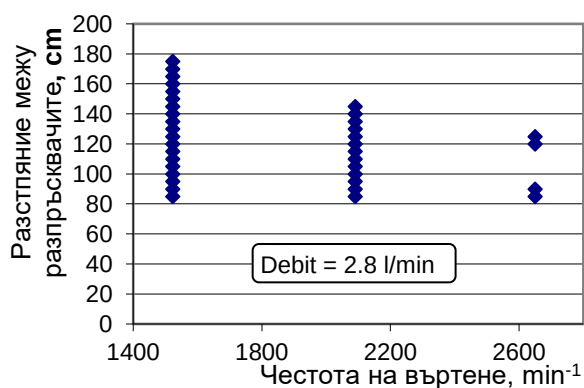
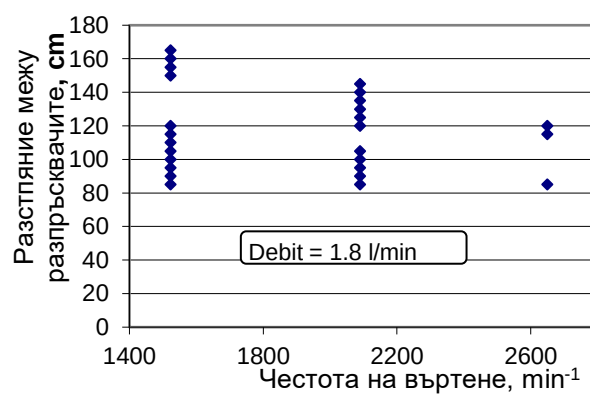
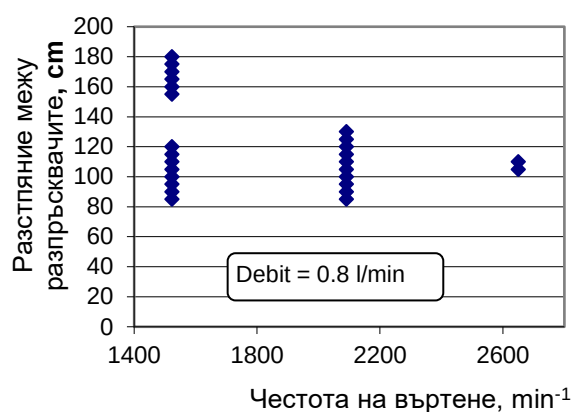
РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАЗПРЪСКВАЧИ ТИП МРЕЖА

При оценка на относителното разпределение при използване на разпръсквач тип мрежа (фиг.4.17) се вижда, че отличителната му особеност за разлика от изследваните до сега разпръсквачи е, че формата на разпределението на работната течност наподобява на това на разпръсквача Micromax III. Относително по-малко в средата и най-много на метър от центъра. Като при най-ниската честота на въртене и най-малкия дебит е най-равномерно. С увеличаване на дебита неравномерността на разпределението нараства.



Фиг. 4.17. Относително разпределение на работната течност по широчината на факела на разпръсквачи на разпръсквачи тип мрежа с различен дебит.

От оценката на възможното разстояние на монтиране на този тип разпръсквачи по дължината на шангата се вижда, че не може да се осигури едновременно необходимата равномерност на разпределението на работната течност при различни честоти на въртене и използвани дебита (фиг. 4.18)



Фиг. 4.18. Стъпка на възможно разположение по широчината на щангата на разпръскачи тип мрежа с различен дебит

ФОРМА НА КАПКОВИЯ ФАКЕЛ ПРИ РАЗЛИЧНИ РАЗПРЪСКВАЧИ

При наблюдаване на формата на факела при напускане периферията на ротационните разпръскачи при различните режими се забелязва промяна на структурата на факела. В повечето от случаите се забелязват до две открояващи се зони, но тяхното наличие или отсъствие и параметри зависи от разполагането на разпръскача – нагоре или надолу, параметрите на режима и формата на периферията му (фиг.4.19).

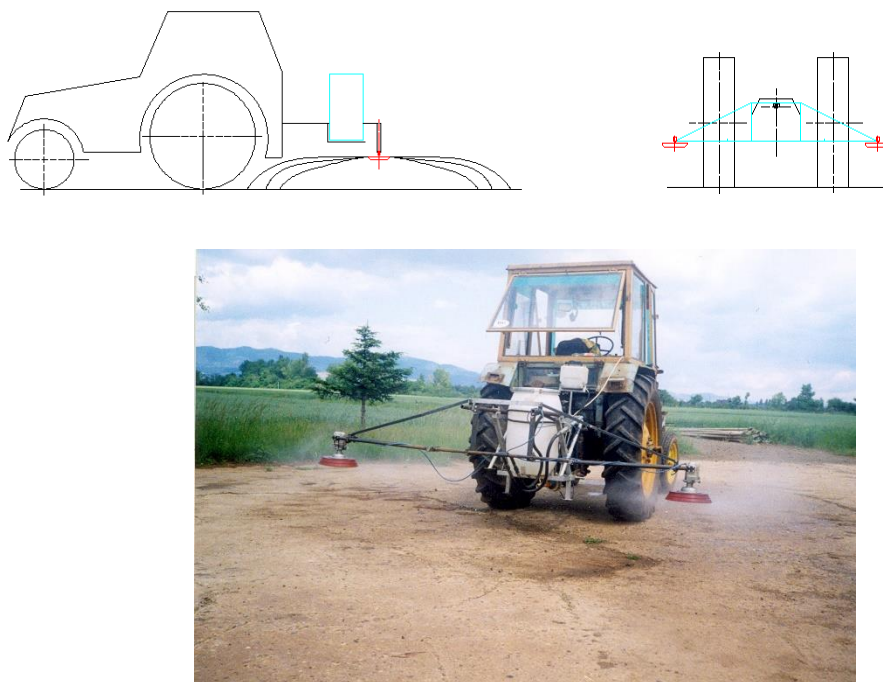


Фиг. 4.19. Характер на факела при напускането му на периферията на различни ротационни разпръскачи

За осигуряване на тези разходни норми опръскащата система съобразно работната широчина от 5 m, трябва да има дебит 0,22-2,2 l/min. При определяне параметрите на помпата се изхожда от дебита, който трябва да осигурява опръскащата система, дебита, който е необходим за разбъркване на работната течност в резервоара и работното налягане съобразно характеристиките на използваните разпръскачи.

При работа с ротационни разпръсквачи, налягането, което трябва да осигурява помпата е във връзка единствено с устойчивото дозиране и трябва да бъде 0,1- 0,15 МПа. Дебита необходим за разбъркване трябва да бъде съгласно международната практика от 5 до 10 % от вместимостта на резервоара. Изхождайки от това и от дебита на опръскащата система е необходимо дебита на помпата да не е по-малък от 2,5 l/min и тя да осигурява посоченото по-горе налягане.

На фиг.4.34 е показан моделен образец на пръскачка оборудвана с разглежданата опръскаща система.



Фиг. 4.34. Моделен образец на пръскачка с ротационни разпръсквачи

Изводи

1. Пусковият ток на разпръсквача Micromax е два пъти по-голям от този в работен режим и при трите режима на работа. 50% е нарастването на консумирания ток при промяна честотата на въртене, като нарастване на дебита с 0,6 l/min влияе относително малко върху него.
2. С увеличаване на дебита на разпръсквача честотата на въртене на разпръсквача значително се намалява само при най-голямата предавка. При другите две предавки това намаляване е относително малко в изследвания диапазон. Трябва да се има предвид, че работните дебита са в началото на изследвания интервал.
3. Логично с увеличаване на дебита и височината на разполагане на разпръсквача широчината на факела нараства, като това нарастване е относително по-голямо при нарастване на височината.
4. Разработеният софтуер за симулиране на разпределението на работната течност по широчината на щангата позволява на базата на разпределението от един разпръсквач да се оптимизира стъпката на разполагане на разпръсквачите по щангата в зависимост от използваните разходни норми и параметри на желаното капково покритие. Това създава предпоставки за избор на оптимални конфигурации на разположение на разпръсквачите съобразно конкретните разходни норми, условия и неприятел.
5. Наблюдават се два възможни интервала на разполагане на Micromax III разпръсквачите по дължината на щангата. Разстояние между разпръсквачите от 0,85-1,05 m осигурява изискванията при всички режими на работа на пръскачката. Възможен е и втори интервал на разполагане на ротационните разпръсквачи по щангата от 1,4 m, при който могат да се използват с

до 1/3 по малко разпръсквачи, с които да се покрие една и съща работна широчина. Модифицираният разпръсквач Micromax III позволява, освен стъпка от 1,4 m и значително по-голяма стъпка при втория интервал (3 m) на разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата.

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

7. 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 1455min⁻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 2,8m.

8. Обърнатият нагоре ротационен разпръсквач, с диаметър на разпръскващия работен орган 330 mm, при дебит от 0.8 l/min до 2.8 l/min и честота на въртене от 1120min⁻¹ до 1960min⁻¹ осигурява напречно разпределение на работната течност в рамките на изискванията при разполагане на разпръсквачите един от друг на разстояние 125 и 250 cm.

9. Обърнатият надолу ротационен разпръсквач дава много променливо разпределение при различните режими, следствие на което те имат значително влияние върху възможното разстояние на разполагане на разпръсквачите. Това е причина при него да може да се подбере само едно (1,2 m) общо разстояние на разполагане на разпръсквачите един от друг за всичките изследвани режими.

10. Получените резултати показват, че основно влияние върху разпределението на работната течност при ротационните разпръсквачи оказва честотата на въртене и разполагането на диска.

11. 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.

12. Почти същото качество на работа и стъпка на разполагане се получава и при разпръсквач с диаметър 330 mm обвърнат нагоре с подрязана периферия. Това показва, че формата на периферията на диска и диаметърът им при тези модели и разположение на разпръсквачи не оказват влияние върху качеството на тяхната работа.

13. При използване на ротационен дисков разпръсквач с диаметър от 254 mm обвърнат надолу най-голямото разстояние между отделните разпръсквачи при различните режими на работа може да бъде 1,15 m.

14. При използване на ротационен дисков разпръсквач с диаметър от 330 mm обвърнат надолу най-голямото разстояние между отделните разпръсквачи при различните режими на работа може да бъде 1,65 m.

15. За осигуряване на необходимите разходни норми опръскващата система съобразно работната широчина от 5 m, трябва да има дебит 0,22-2,2 l/min при налягане 0,1-0,15 MPa.

ПРИНОСИ

Изработена е структура на елементите на процеса на разпръскване на работната течност при ротационен разпръсквач, което позволява той да се изследва комплексно и да се получи ясна представа за явленията, които протичат при откъсване на капките от разпръскващия елемент и тяхното придвижване до третираните обекти.

Установено е влиянието на параметрите на процеса на разпръскване и конструктивните характеристики на ротационните разпръсквачи върху напречното разпределение на работната течност

Обоснована е възможността за използване на разходни норми реализиращи ефективна растителна защита при минимални екологически последствия и финансови разходи.

Установено е, че пусковия ток на разпръсквача Micromax е два пъти по-голям от този в работен режим и при трите режима на работа, което трябва да се съобразява при определяне на възможния брой разпръсквачи задвижвани от електрическата система на трактора.

Определени са параметрите на разпределението на работната течност по широчината на щангата в зависимост от режима на работа на разпръсквача.

Обоснована е процедура и е програмно реализирана за определяне на възможните разстояния на разполагане на разпръсквачите по дължината на щангата в зависимост от разпределението на работната течност при различни режими на работа на опръскващата система.

Установени са възможните разстояния на разполагане на ротационните разпръсквачи по дължината на щангата.

Установено е, че основно влияние върху разпределението на работната течност при ротационните разпръсквачи оказва честотата на въртене и разполагането на диска.

Обосноваван е оптимален режим на работа и разположение на ротационни разпръсквачи към щангова пръскачка в зависимост от конструкцията на разпръсквача

Обоснована е технология и техническо средство за работа по технологията за контролирано капково покритие.

Изработен е моделен образец на машина за растителна защита с ротационни разпръсквачи.

ПУБЛИКАЦИИ КЪМ ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Georgi Kostadinov, Elena Dimitrova, Milena Moteva. Modeling of the spray liquid distribution of rotary atomizers, Proceedings 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 21-23 september 2011, Istanbul, 108-112.
2. Димитрова Е., Тенденции в развитието на опръскващите системи на растителнозащитните машини, Сборник доклади от Международната Конференция Балканиреко'2016, Балканска Икономическа Реконструкция и Екология, Национален Дом на науката и техниката, София, ” 7-8 април 2016г..
3. Елена Димитрова, Иван Мортев, Георги Костадинов. Напречна неравномерност на разпръскване при ротационен разпръсквач с хидравлично задвижване, Растениевъдни науки, 2017, 54(4), 20-27.

БЛАГОДАРНОСТИ

Издавам благодарности на научните си ръководители, на ръководството на ИПАЗР «Никола Пушкиров» и колегите от секция «Механизация на земеделието и хидромелиоративни системи» за оказаните материална и практическа помощ във връзка с извеждане на експериментите и оформяне на дисертационния труд.