

УДК 631.358

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЩЕЛЕВОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ

Маслов Геннадий Георгиевич
д-р техн. наук, профессор
SPIN–код автора: 7115–7421
maslov-38@mail.ru

Борисова Светлана Михайловна
канд. техн. наук, доцент
super.lana-1941@yandex.ru

Малашихин Николай Васильевич
магистрант
malashikhin95@bk.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия

В результате научного анализа состояния вопроса для эффективной защиты растений путем опрыскивания их защитно-стимулирующими жидкостями выбран наиболее прогрессивный пневмогидравлический способ обработки, обеспечивающий использование широкого спектра режимов. Предложенная конструкция пневматических щелевых распылителей может быть использована для оснащения опрыскивателей, опыливателей и комбинированных агрегатов для выполнения основных операций совместно с использованием пестицидов и удобрений. Используя дробление жидкости посредством воздействия на струю рабочей жидкости, истекающей из питательных трубок распылителей (жиклеров) высокоскоростной воздушной струей возможно процесс опрыскивания осуществлять малообъемным и ультрамалообъемным способом высокодисперсионными воздушно-капельными струями. Для исследования параметров воздушно-капельной струи, обеспечивающих качество распыления рабочей жидкости как полидисперсной системы, использовали вероятностно-статистический метод анализа, изучающий вариационный ряд величины признаков, распределенных по классам. Теоретически рассмотрен процесс формирования воздушно-капельной струи пневматическим щелевым распылителем. С использованием планирования эксперимента по трехфакторному центральному композиционному ротatable-плану (ЦУРУП) было установлено влияние трех факторов (положение уравнивательной емкости в см, давление воздуха МПа и угол наклона питательной трубки в град.) на производительность распылителя и поверхности отклика по медианно-массовому диаметру рабочей жидкости. Установлено, что поверхности отклика имеют вид параболоида, экстримум которого наблюдается

UDC 631.358

Technologies and means of agricultural mechanization

PNEUMATIC SLIT SPRAYER PARAMETERS STUDY

Maslov Gennady Georgievich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN – code: 7115–7421
maslov-38@mail.ru

Borisova Svetlana Mikhailovna
Cand.Tech.Sci., associate professor
super.lana-1941@yandex.ru

Malashikhin Nikolai Vasilyevich
graduate student
malashikhin95@bk.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

As a result of scientific analysis of the effective plant protection by spraying them with protective-stimulating liquids, the most progressive pneumohydraulic processing method was chosen, enabling the use of a wide mode range. The proposed pneumatic sprayer design can be used to equip sprayers, pollinators and combined units to perform basic operations with the use of pesticides and fertilizers. Using liquid crushing through exposure to working fluid flowing from the feeding tubes of sprayers (jets) with a high-speed air jet, it was possible to carry out the spraying process in a low-volume and ultra-small-volume way in a highly dispersive airborne jets. To study the airborne jet parameters, providing the working fluid spraying quality as a polydisperse system, we have used a probabilistic-statistical analysis method. It studies variation range of signs according to the classes. Theoretically, the air-borne jet forming process by a pneumatic slit sprayer was considered. Using the three-factor central composite rotatable uniform plan (CURUP), the influence of three factors (surge tank position in cm, air pressure MPa and the feeding tube inclination angle in degrees) on the sprayer performance and the surface response on the working fluid median-mass diameter was determined. It was found that the response surfaces have a form of a paraboloid, the extremum of which is observed at an air pressure of 0.15 MPa (the center of the plan) and the tube installation angle in the spray housing equal to 60 degrees with the middle surge tank position. The maximum coating density of the treated object was 95 pieces / cm² at the same position of the surge tank and air pressure in the pneumatic line of 0.3 MPa. It was proved that ultra-low volume spraying can be carried out in wide ranges of initial data while observing spraying quality requirements according to the drop median-mass diameter, the average coating density and

при давлении воздуха 0,15 МПа (центр плана) и угла установки трубки в корпусе распылителя, равном 60 градусов при среднем положении уравнивательной емкости. Максимальная плотность покрытия каплями объекта обработки составила 95 шт./см² при том же положении уравнивательной емкости и давлении воздуха в пневмомагистрали 0,3 МПа. Доказана возможность осуществлять ультрамалообъемное опрыскивание в широких интервалах исходных данных при соблюдении требований качества опрыскивания по меридианно-массовому диаметру капель, средней плотности покрытия и равномерности их распределения

their distribution uniformity

Ключевые слова: ИССЛЕДОВАНИЯ, ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ЩЕЛЕВОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬ, ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ, ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА, КАЧЕСТВО ОПРЫСКИВАНИЯ, ПЛОТНОСТЬ ПОКРЫТИЯ

Keywords: RESEARCH, PNEUMATIC SLIT SPRAYER, PARAMETER OPTIMIZATION, EXPERIMENT PLANNING, SPRAYING QUALITY, COATING DENSITY

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-152-008>

В результате научного анализа состояния вопроса для эффективной защиты растений путем опрыскивания их защитно-стимулирующими жидкостями выбран наиболее прогрессивный пневмогидравлический способ обработки, обеспечивающий использование широкого спектра режимов.

Предложенная конструкция пневматических щелевых распылителей может быть использована для оснащения опрыскивателей, опыливателей и комбинированных агрегатов для выполнения основных операций совместно с использованием пестицидов и удобрений.

Пневматические щелевые распылители конструкции КубГАУ имеют несомненные преимущества по сравнению с теми, которые образуют капельную струю гидравлическим способом, используя различные формы каналов для движения рабочей жидкости.

Используя дробление жидкости посредством воздействия на струю рабочей жидкости, истекающей из питательных трубок распылителей (жиклеров) высокоскоростной воздушной струей, возможно процесс с опрыскивания осуществлять малообъемным и ультрамалообъемным способом высокодисперсионными воздушно-капельными струями (рисунок 1).

Агротехническими требованиями, предусматривающими качественную обработку сельскохозяйственных растений различными пестицидами необходимо, чтобы размеры капель, а именно, медианно-массовый диаметр (ММД) находился в пределах от 80 до 200 мкм с учетом вида препарата (инсектицид, гербицид или фунгицид). Наряду с этим, необходимо, чтобы при нанесении рабочей жидкости на объект обработки плотность покрытия объекта обработки составляла не менее 10 кап/см² при ультрамалообъемном и не менее 30 кап/см² при малообъемном опрыскивании.

Для исследования параметров воздушно-капельной струи, обеспечивающих качество распыления рабочей жидкости как полидисперсной системы использовали вероятностно-статистический метод анализа, изучающий вариационный ряд величины признаков, распределенных по классам.

В качестве средней использовался среднеарифметическое значение диаметра капель и их распределение.

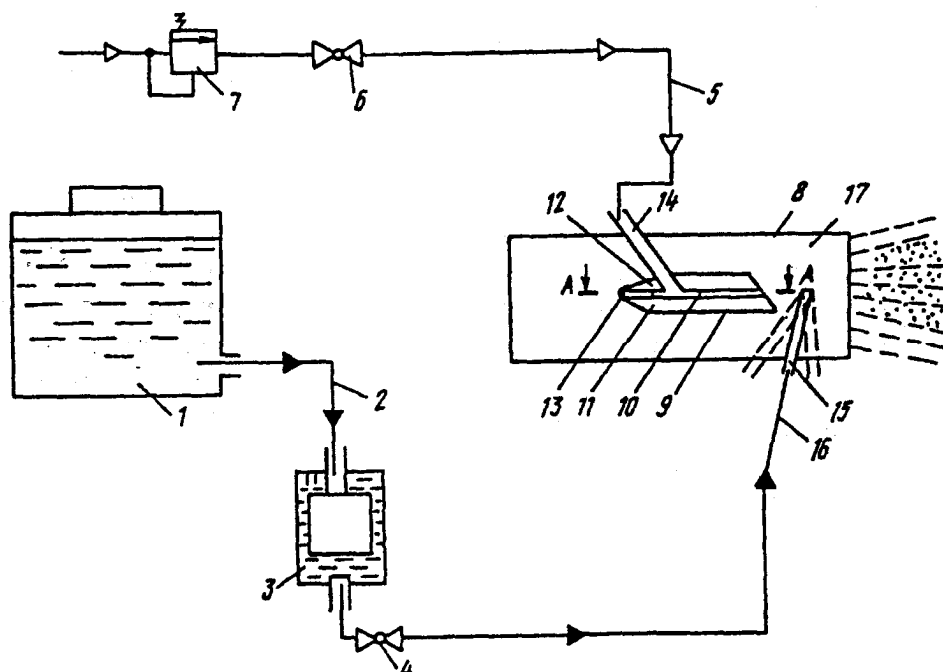


Рисунок 1 – Схема технологического процесса формирования воздушно-капельной струи пневматическим щелевым распылителем:
 1 – бак; 2 – гидропривод; 3 – уравнивательная емкость, 4 – кран, 5 – воздухопровод;
 6 – кран; 7 – регулятор давления; 8 – распылитель; 9 – струеобразователь;

10 – сопло щелевого типа; 11, 12 – пластины струеобразователя;
13 – прокладка; 14 – питательная трубка; 15 – жиклер; 16 – питательная трубка

Для исследования использовали лабораторную установку, оборудованную движущейся бесконечной лентой, на которую размещали коллекторы на расстоянии 30 см друг от друга.

Устанавливали скорость движения ленты $V = 7,0$ км/ч.

Исследования проводили в 3-х кратной повторности. Оценку качественных показателей проводили при установке параметров процесса формирования струи пневматическими щелевыми распылителями:

- давление воздуха от компрессора $P_v = 0,1$ МПа; 0,2 МПа; 0,3 МПа;
- положение уравнительной емкости $h = +8; +5$ см; 0; -5 см; -8 см;
- угле наклона питательной трубки к направлению воздушной струи $\alpha = 30^\circ; 60^\circ; 90^\circ$;
- диаметре выходного отверстия питательной трубки $d_{ж} = 3,6$ мм;
- распылителя с воздушным соплом грушевидной формы и размером щели сопла $a \times b = (0,3 \times 5)$ мм².

Для исследования качества обработки коллекторов использовали микроскоп с 20-ти кратным увеличением.

На коллекторы направлялась воздушно-капельная струя из распылителя, размещенного над транспортером, при этом формирование капель осуществлялось воздушной струей от компрессора под регулируемым давлением к распылителю.

Для этого подсчитали густоту покрытия n_i , суммируя все капли в размерных группах $N = \sum n_i$, при этом

$$N = \frac{N10^8}{f_c}, \text{ шт/см}^2,$$

где f_c – вся анализируемая поверхность за максимальную ширину захвата принимали ширину участка, на котором в крайней зоне будет не менее 10 кап/см².

Для проверки правильности теоретических выводов процесса формирования воздушно-капельной струи, необходимой по своим параметрам, применяли математическое планирование экспериментов с последующим регрессивным анализом.

При составлении плана 2-го порядка использовали центральный, композиционный рототабельный униформплан (ЦУРУП).

После определения вида поверхности отклика и определения центра поверхности проводили графоаналитический анализ поверхности отклика с помощью двумерных сечений (рисунок 2).

По кривым сечений был проведен анализ величины критерия оптимизации в зависимости от натуральных значений рассматриваемых факторов.

Проводя эксперименты по определению плотности покрытия объекта каплями получили уравнение регрессии:

$$y_{\text{ГП}} = 94,377 - 3,185x_1 + 4,556x_2 + 3,526x_3 - 1,875x_1x_2 - 3,625x_2x_3 - 22,545x_1^2 - 18,301x_2^2 - 28,557x_3^2.$$

Анализ коэффициентов при переменных x_1 ; x_2 ; x_3 дает основание считать наиболее значимым для получения высокодисперсного распыла каплей рабочей жидкости квадратичное значение параметра x_3 – угла установки питательной трубки (α).

Относительно одинаковые значения коэффициентов при всех трех исходных параметрах процесса x_1 ; x_2 ; x_3 . Несколько более значимым оказывается влияние давления воздуха от компрессора x_2 .

Для более детального изучения поверхности отклика в исходное уравнение $y_{\text{гп}}$ подставляли поочередно $x_2 = 0$; $x_3 = 0$; $x_1 = 0$. Построили графики зависимостей $x_1 = f(x_2)$; $x_1 = f(x_3)$ и $x_2 = f(x_3)$, изолинии которых представляли элементы эллипсоида, вытянутого вдоль одной из осей.

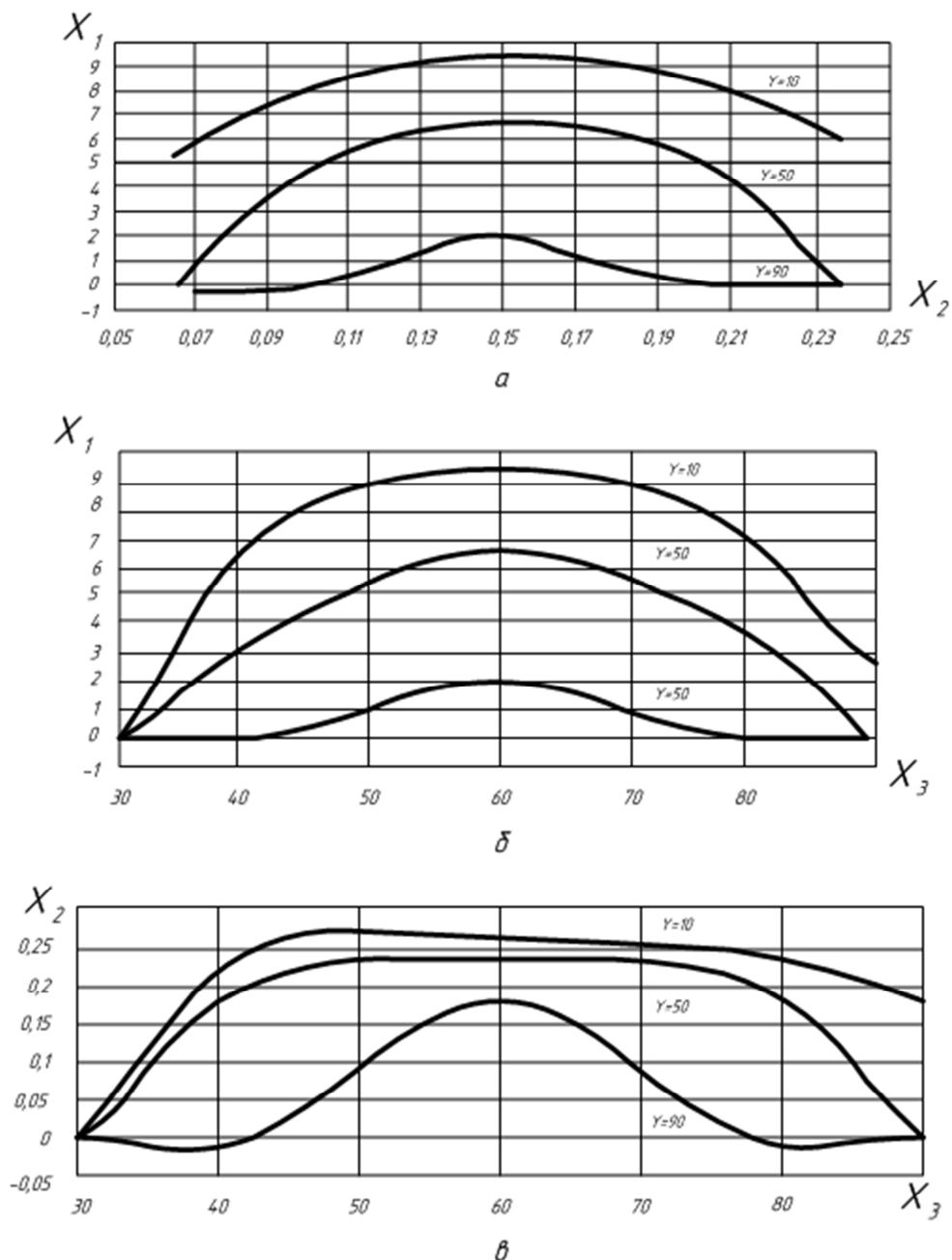


Рисунок 2 – Двумерные сечения поверхности отклика по плотности покрытия поверхности каплями при прямом дутье:
 а – плоскостью X_1OX_2 ; б – плоскостью X_1OX_3 ; в – плоскостью X_2OX_3

Максимальная плотность покрытия $y_{гп} = 95$ шт/см² наблюдается при положении уравнильной емкости $h = 0$ и давлении воздуха в пневмомагистрале $p = 0,3$ МПа. При тех же параметрах p и h имели $y_{гп} = 20$ шт/см² при $\alpha = 90^\circ$ и $y_{гп} = 10$ шт/см² при $\alpha = 30^\circ$ (рисунок 2).

Однако, данные результаты исследований доказывают возможность осуществлять ультрамалообъемное опрыскивание в широких пределах исходных данных, предусмотренных таблицей 1 настройки.

Таблица 1 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Факторы	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Положение уравнильной емкости (h, см)	X ₁	5	-8,41	-5	0	+5	+8,41
Давление воздуха (P), МПа	X ₂	0,05	0,066	0,1	0,15	0,2	0,236
Угол наклона питательной трубки (α), град.	X ₃	18°	30	42	60	18	90

Рост количества капель наблюдали при снижении давления p , что объясняется уменьшением ширины захвата распылителя. Увеличение плотности покрытия обрабатываемой поверхности при заданном давлении воздуха p путем изменения угла установки питательной трубки, так при $p = 0,25$ МПа $y_{гп} = 50$ шт/см² при $\alpha = 42$ или $\alpha = 78^\circ$.

На основании экспериментальных данных определяли ММД капель, среднюю плотность покрытия и равномерность их распределения.

Медианно-массовый диаметр капель d_m рассчитывается по значению эффективного диаметра $d_{эф}$ по формуле: $d_m = \frac{d_{эф}}{2,2}$, а эффективный

диаметр исчисляется с использованием фактора распространения (зоны эффективного действия r , где $r = 100 - 200$ мкм:

$$d_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{0,78(d_{\text{mmax}}+2r)}{\pi}},$$

где d_{mmax} – максимальный диаметр следа капли.

Определили уравнение регрессии для анализа дисперсности распыла по результатам проведения 3-х факторного эксперимента, проведенного по плану 2-го порядка (УКРУП):

$$y_{\text{мп}} = 165,101 - 3,508x_1 + 1,93x_2 - 4,116x_3 - 15,3775x_1x_2 - \\ - 6,625x_1x_3 + 19,875x_2x_3 + 2,694x_2^2 + 31,162x_3^2.$$

В системе 3-х координат построили поверхность отклика по двум параметрам при третьем параметре постоянного значения (рисунок 3).

Поверхности отклика имеют вид параболоида (рисунок 3) экстремум наблюдается при давлении $p = 0,15$ МПа – центр плана и угле установки трубки с жиклером $\alpha = 60^\circ$.

Анализируя изолинии $x_1 = f(x_2)$ (рисунок 2) наблюдается возможность регулирования ММД капель путем повышения давления p и повышением положения уравнительной емкости, то есть увеличением производительности распыла.

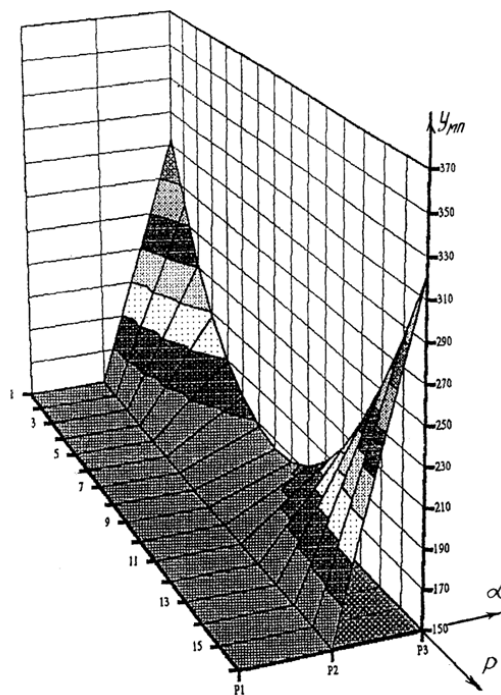


Рисунок 3 – Поверхность отклика по ММД при прямом дутье ($h = 0$)

По результатам расчетов построили графики $\delta_i = f\left(\frac{\Delta v}{\bar{v}}\right)$.

При увеличении давления и снижении положения уравнительной емкости (статического напора) происходит уменьшение ММД капель, так как наблюдается снижение производительности распылителя.

Соответственно, для получения необходимых значений ММД капель рабочей жидкости с учетом определенной производительности распылителя, вида рабочей жидкости (раствор, эмульсия, суспензия), производительности компрессора и задач обработки, от которых в первую очередь и зависит вид обрабатываемой культуры, можно воспользоваться двумерными сечениями поверхности отклика, представленными на рисунке 4.

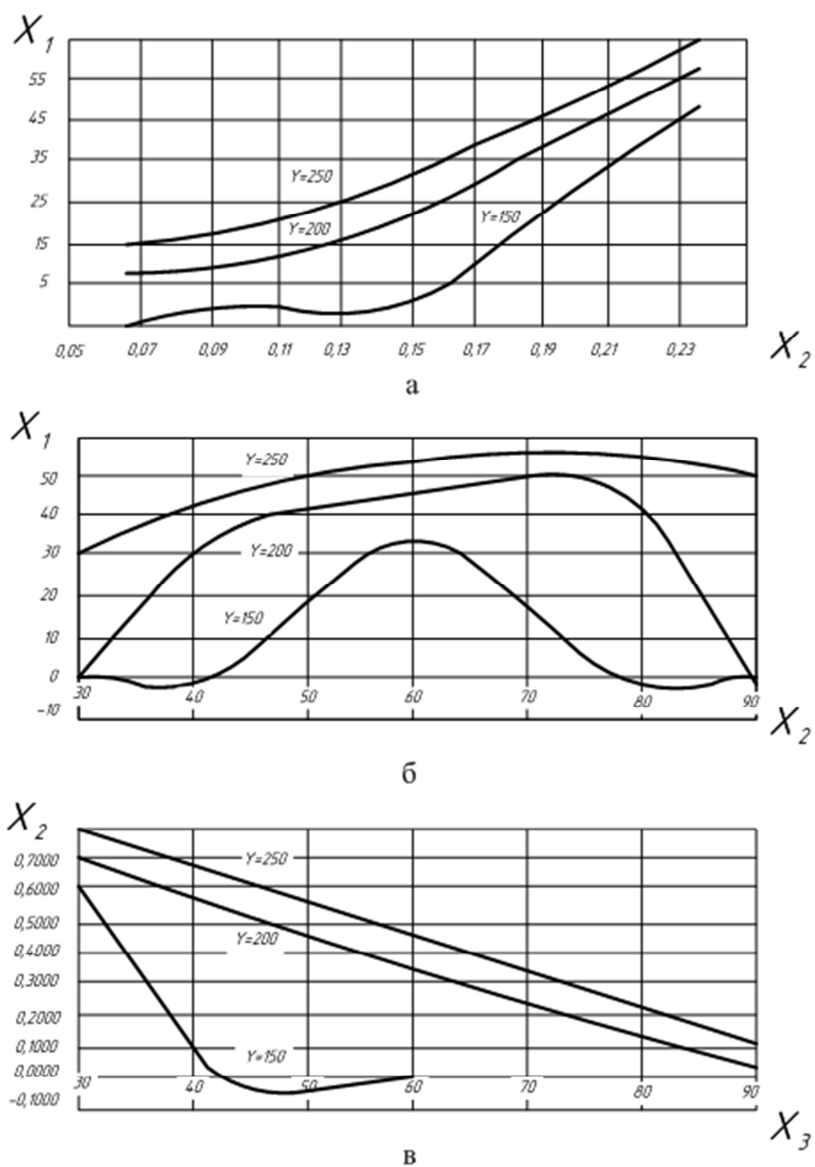
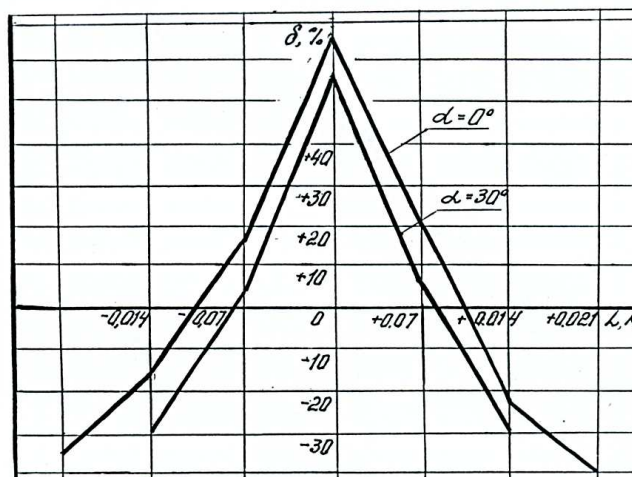
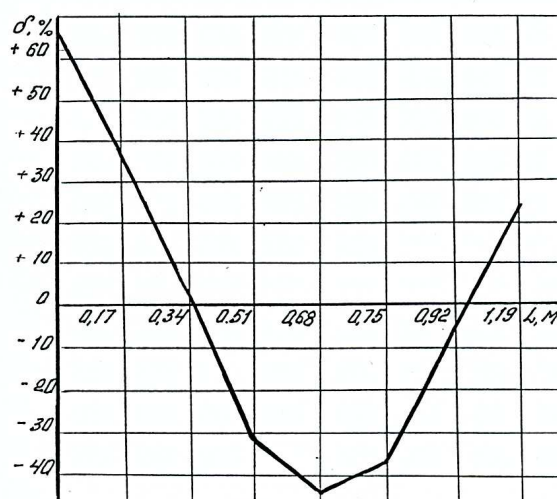


Рисунок 4 – двумерные сечения поверхности отклика по ММД при прямом дутье:
 а – плоскостью X_1OX_2 ; б – поверхностью X_1OX_3 ; в – плоскостью X_2OX_3



а



б

Рисунок 5 – Отклонения в распределении капель рабочей жидкости на объекте от среднего объема рабочей жидкости:
а – по ширине струи; б – по длине струи

Для анализа качества распределения рабочей жидкости на обрабатываемой поверхности определяли густоту покрытия и плотность ее распределения, для получения соответствующих рекомендаций по регулированию угла наклона воздушно-капельной струи к поверхности обработки и к направлению движения и перекрытию струй (рисунок 5).

Отклонение в распределении рабочей жидкости на объекте от среднего объема рабочей жидкости по ширине и длине струи (рисунок 5) варьируют до 44 % по ширине и 68 % по длине струи.

В результате реализации планового эксперимента (ЦУРУП) получили уравнения регрессии, на основании которых определены параметры оптимизации плотности покрытия объектов каплями рабочей жидкости и ММД капель с использованием исходных данных, принятых по предварительным исследованиям.

Определены оптимальные параметры распылителей: давление в пневмомагистрали $P = 0,15-0,2$ Мпа; угол наклона питательной трубки $\alpha = 60-90^\circ$; положение уравнительной емкости $h = -5 - +5$ см.

Данные исследования позволяют подобрать необходимые конструктивные и режимные параметры ультрамалообъемных опрыскивателей для обеспечения эффективной и высококачественной обработки сельскохозяйственных растений на основе энергоресурсосберегающей технологии.

Список литературы

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года [Текст]. – М. : 2008. – 60 с.
2. Маслов, Г. Г., Плешаков, В. Н. Прогнозирование технического уровня отечественной и зарубежной техники [Текст] / Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – № 5. – С. 31–32.
3. Маслов, Г. Г., Плешаков, В. Н. Оценка технического уровня зерновых сеялок и посевных комплексов [Текст] / Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 6. – С. 19–22.
4. Опрыскиватель [Текст] / Г. Г. Маслов, С. М. Борисова, А. Л. Мечкало. – Патент на изобретение RUS 2227455 11.02.2003.
5. Устройство для обработки семян защитно-стимулирующими веществами [Текст] / Г. Г. Маслов, А. Л. Мечкало, С. М. Борисова, Е. И. Трубилин, Ш. Н. Богус. – Патент на изобретение RUS 2250289 31.12.2003.
6. Технология возделывания кукурузы в Краснодарском крае : рекомендации [Текст] / И. М. Петренко, А. И. Трубилин, Н. А. Загорулько [и др.]. – Российская Академия с.-х. наук, Департамент сельского хозяйства и продовольствия, Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко, Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2001.
7. Опрыскиватель ультрамалообъемный [Текст] / Г. Г. Маслов, А. Л. Мечкало. – Патент на изобретение RUS 2227455 11.02.2003.
8. Штанговый малообъемный опрыскиватель для обработки полевых культур [Текст] / Г. Г. Маслов, В. В. Цыбулевский, А. Д. Таран, Н. И. Волошин. – Патент на изобретение RUS 2060661.
9. Протравливатель семян [Текст] / С. М. Борисова, Г. Г. Маслов, А. Л. Мечкало, Е. И. Трубилин. – Патент на изобретение RUS 2246195 31.03.2003.

10. Способ уборки урожая зерновых культур и утилизации незерновой части урожая и устройство для его осуществления [Текст] / Г. Г. Маслов, Е. И. Трубилин, В. В. Абаев, С. М. Сидоренко. – Патент на изобретение 2307498 06.02.2006.

11. Маслов, Г. Г., Овчаренко, А. С., Шандыба, О. М. МТС – партнер сельхозпроизводителя или арендатор? [Текст] / Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – № 6. – С. 6–7.

12. Исследование качества опрыскивания пневматическими щелевыми распылителями [Текст] / С. М. Борисова, Д. М. Недогреев, Е. А. Малахов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. ст. XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2016». – 2016. – С. 30–35.

13. Ультрамалообъемный опрыскиватель с пневматическими щелевыми распылителями [Текст] / С. М. Борисова, Н. А. Перов, К. В. Ермаков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 79–80.

14. Ультрамалообъемный комбинированный опрыскиватель [Текст] / С. М. Борисова, Н. А. Ринас // Сельский механизатор. – 2015. – № 2. – С. 36–37.

15. Использование эжекционно-щелевых распылителей в протравливателях и опрыскивателях [Текст] / С. М. Борисова, Н. А. Ринас // Техника и оборудование для села. – 2014. № 10. – С. 16–17.

16. Параметры и режимы работы эжекционных распылителей в протравливателях семян [Текст] / Г. Г. Маслов, С. М. Борисова, Е. Г. Шевченко // Труды Кубанского государственного университета. 2008. – № 15. – С. 153–156.

17. Пат. 2189744, Российская Федерация. Опрыскиватель ультрамалообъемный [Текст] / Г. Г. Маслов, С. М. Борисова, Е. И. Трубилин ; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2002122422; заявл. 12.02.2001, опубл. 20.12.2002. Бюл. № 38.

18. Струйный эжекторный распылитель [Текст] / Г. Г. Маслов, С. М. Борисова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1994. – № 7. – С. 8.

19. Маслов, Г. Г. Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин [Текст] / Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 10. – С. 31–33.

References

1. Strategiya mashinno-texnologicheskoy modernizacii sel'skogo khozyajstva Ros-sii na period do 2020 goda [Tekst]. – M. : 2008. – 60 s.

2. Maslov, G. G., Pleshakov, V. N. Prognozirovaniye texnicheskogo urovnya otechestvennoy i zarubezhnoy tekhniki [Tekst] / Tekhnika v sel'skom khozyajstve. – 2001. – № 5. – S. 31–32.

3. Maslov, G. G., Pleshakov, V. N. Ocenka texnicheskogo urovnya zernovy`x seyalok i posevny`x kompleksov [Tekst] / Tekhnika v sel'skom khozyajstve. – 2000. – № 6. – S. 19–22.

4. Opry`skivatel` [Tekst] / G. G. Maslov, S. M. Borisova, A. L. Mechkalo. – Patent na izobretenie RUS 2227455 11.02.2003.

5. Ustrojstvo dlya obrabotki semyan zashhitno-stimuliruyushhimi veshhestvami [Tekst] / G. G. Maslov, A. L. Mechkalo, S. M. Borisova, E. I. Trubilin, Sh. N. Bogus. – Patent na izobretenie RUS 2250289 31.12.2003.

6. Teknologiya vozdey`vaniy kukuruzy` v Krasnodarskom krae : rekomendacii [Tekst] / I. M. Petrenko, A. I. Trubilin, N. A. Zagorul`ko [i dr.]. – Rossijskaya Akademiya s.-x. nauk, Departament sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya, Krasnodarskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo khozyajstva im. P. P. Luk`yanenko, Kuban-skij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet. – Krasnodar, 2001.

7. Opry`skivatel` ul`tramaloob`emny`j [Tekst] / G. G. Maslov, A. L. Mechkalo. – Patent na izobretenie RUS 2227455 11.02.2003.

8. Shtangovyj maloob`emnyj opry`skivatel` dlya obrabotki polevy`x kul`tur [Tekst] / G. G. Maslov, V. V. Cybulevskij, A. D. Taran, N. I. Voloshin. – Patent na izobretenie RUS 2060661.

9. Protravlivatel` semyan [Tekst] / S. M. Borisova, G. G. Maslov, A. L. Mechkalo, E. I. Trubilin. – Patent na izobretenie RUS 2246195 31.03.2003.

10. Sposob uborki urozhaya zernovy`x kul`tur i utilizacii nezernovoj chasti urozhaya i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya [Tekst] / G. G. Maslov, E. I. Trubilin, V. V. Abaev, S. M. Sidorenko. – Patent na izobretenie 2307498 06.02.2006.

11. Maslov, G. G., Ovcharenko, A. S., Shandy`ba, O. M. MTS – partner sel`xozproizvoditelya ili arendator? [Tekst] / Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. – 1999. – № 6. – S. 6–7.

12. Issledovanie kachestva opry`skivaniya pnevmaticeskimi shhelevy`mi raspy`litelyami [Tekst] / S. M. Borisova, D. M. Nedogreev, E. A. Malaxov // Aktual`ny`e problem nauchno-texnicheskogo progressa v APK : sb. nauch. st. XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, v ramkax XVIII Mezhdunarodnoj agropromy`shlennoj vy`stavki «Agrouniversal-2016». – 2016. – S. 30–35.

13. Ul`tramaloob`emnyj opry`skivatel` s pnevmaticeskimi shhelevy`miraspy`litelyami [Tekst] / S. M. Borisova, N. A. Perov, K. V. Ermakov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2011. – № 6. – S.79–80.

14. Ul`tramaloob`emnyj kombinirovannyj opry`skivatel` [Tekst] / S. M. Borisova, N. A. Rinas // Sel`skij mexanizator. – 2015. – № 2. – S. 36–37.

15. Ispol`zovanie e`zhekcionno-shhelevy`x raspy`litelej v protravlivatelyax i opry`skivatelyax [Tekst] / S. M. Borisova, N. A. Rinas // Texnika i oborudovanie dlya sela. – 2014. № 10. – S. 16–17.

16. Parametry` i rezhimy` raboty` e`zhekcionny`x raspy`litelej v protravlivatelyax semyan [Tekst] / G. G. Maslov, S. M. Borisova, E. G. Shevchenko // Trudy` Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2008. – № 15. – S. 153–156.

17. Pat. 2189744, Rossijskaya Federaciya. Opry`skivatel` ul`tramaloob`emnyj [Tekst] / G. G. Maslov, S. M. Borisova, E. I. Trubilin ; zayavitel` i patentoobladatel` KubGAU. – № 2002122422; zayavl. 12.02.2001, opubl. 20.12.2002. Byul. № 38.

18. Strujnyj e`zhektornyj raspy`litel` [Tekst] / G. G. Maslov, S. M. Borisova // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. – 1994. – № 7. – S. 8.

19. Maslov, G. G. Metodika kompleksnoj ocenki effektivnosti sravnivaemyh mashin [Tekst] / Traktory` i sel`xozmashiny`. – 2009. – № 10. – S. 31–33.