

УДК 635.21

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

### **ОБОСНОВАНИЕ УСТАНОВКИ ФОРСУНОК С ПОЛНОФАКЕЛЬНЫМ КОНУСНЫМ РАСПЫЛОМ**

Анисаров Илья Станиславович  
аспирант  
[anisarovis@gmail.com](mailto:anisarovis@gmail.com)

Бойко Александр Игоревич  
к.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код=3886-8412  
[boitseva@inbox.ru](mailto:boitseva@inbox.ru)

Борычев Сергей Николаевич  
д-р. т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код=9426-9897  
[89066486088@mail.ru](mailto:89066486088@mail.ru)

Успенский Иван Алексеевич  
д-р. т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код=1831-7116  
[ivan.uspensckij@ya.ru](mailto:ivan.uspensckij@ya.ru)

*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Картофелеводство – одна из наиболее перспективных и высокодоходных отраслей в мировом сельском хозяйстве. На сегодняшний день блюда из картофеля являются одними из самых желанных на столе, как в России, так и в остальном мире. Продукты переработки картофеля являются источником энергии для всего населения земного шара. В 2020-е годы примерно 800 млн. человек во всем мире занимается его выращиванием, при этом, картофель считается одной из самых трудоёмких сельскохозяйственных культур. На протяжении последних лет Россия входит в тройку лидеров по валовому сбору картофеля. При промышленном производстве картофеля необходимо выполнение операций по химической обработке посадок картофеля. Например, такой как диссекция — это обезвоживание тканей растений путём обработки их химическими препаратами (напр. гербицидами контактного действия). Она производится для облегчения машинной уборки урожая. Кроме того, диссекция позволяет добиться повышения урожайности и лежкости картофеля. В дождливое лето она особенно эффективна. Наше исследование направлено на поиск решения для повышения эффективности выполнения диссекции. В настоящей статье приводятся результаты теоретических исследований, связанных с

UDC 635.21

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### **JUSTIFICATION FOR THE INSTALLATION OF INJECTORS WITH A FULL-FLEDGED CONE SPRAY**

Anisarov Ilya Stanislavovich  
postgraduate student  
[anisarovis@gmail.com](mailto:anisarovis@gmail.com)

Boyko Alexander Igorevich  
Candidate of Technical Sciences, associate Professor  
RSCI SPIN code=3886-8412  
[boitseva@inbox.ru](mailto:boitseva@inbox.ru)

Borychev Sergey Nikolaevich  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
RSCI SPIN-code=9426-9897  
[89066486088@mail.ru](mailto:89066486088@mail.ru)

Uspensky Ivan Alekseevich  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
RSCI SPIN code=1831-7116  
[ivan.uspensckij@ya.ru](mailto:ivan.uspensckij@ya.ru)

*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Potato growing is one of the most promising and highly profitable industries in world agriculture. Today, potatoes are one of the most necessary food crops, both in our country and around the world, since they are a source of energy for the entire population of the globe. In the 2020s, approximately 800 million people worldwide are engaged in its cultivation, while potatoes are considered one of the most labor-intensive crops. In recent years, Russia has been among the top three in terms of gross potato harvest. In the industrial production of potatoes, it is necessary to perform operations for the chemical treatment of potato plantings. For example, dissection is the dehydration of plant tissues by treating them with chemicals (e.g. contact herbicides). Our research is aimed at finding a solution to improve the efficiency of dissection. This article presents the results of theoretical studies related to the selection of nozzles according to the spray angle, the height of their installation, taking into account the angle of the nozzle installation vertically

подбором форсунок по углу распыла, высотой их установки, с учетом угла установки форсунки по вертикали

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, ДИССЕКЦИЯ, РАСПЫЛИТЕЛЬ, ФОРСУНКА, КОНУС РАСПЫЛА, ПЛОЩАДЬ ПЯТНА РАСПЫЛА

Keywords: POTATO, DISSECTION, SPRAYER, NOZZLE, SPRAY CONE, SPRAY SPOT AREA

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-189-022>

Согласно результатам, полученным при изучении делянок картофеля, обработанных химическими препаратами, решающими факторами качественной обработки являлось расстояние установки форсунки над поверхностью листьев, угол распыла форсунки и вертикальный угол установки форсунки. Вертикальный угол установки форсунки влияет на полноту обработки листьев и стеблей растения. Это важно, поскольку обработка картофеля контактным гербицидом должна выполняться по наибольшей площади. Мы исследуем влияние угла распыла и угла установки форсунки по вертикали на величину обрабатываемой площади.

Для равномерного нанесения контактного гербицида по листьям ботвы картофеля при проведении диссекции, нами предлагается разместить форсунки под углом к вертикали в поперечной плоскости опрыскивателя. При этом, минимальное расстояние от форсунки до обрабатываемой поверхности составит от 250 мм, а максимальное – 500 мм.

Смоделируем случай, когда форсунку можно переместить в поперечной плоскости по полуокружности радиусом  $R$  относительно куста картофеля (т. 0, см. рис. 1). Таким образом, площадь, которую обрабатывает форсунка будет уменьшаться или увеличиваться при изменении расстояния установки форсунки над обрабатываемой поверхностью ( $R$ ), угла распыла форсунки ( $\gamma$ ) и величины вертикального угла установки форсунки ( $\alpha$ ).

<http://ej.kubagro.ru/2023/05/pdf/22.pdf>

Требуется определить площадь, обрабатываемую форсункой, так называемую площадь пятна распыливания. Площадь пятна распыливания  $A$  при расположении форсунки под углом к вертикали  $\alpha$  и углом распыления  $\gamma$  выразим как сумму составляющих:  $A_1$  и  $A_2$ .

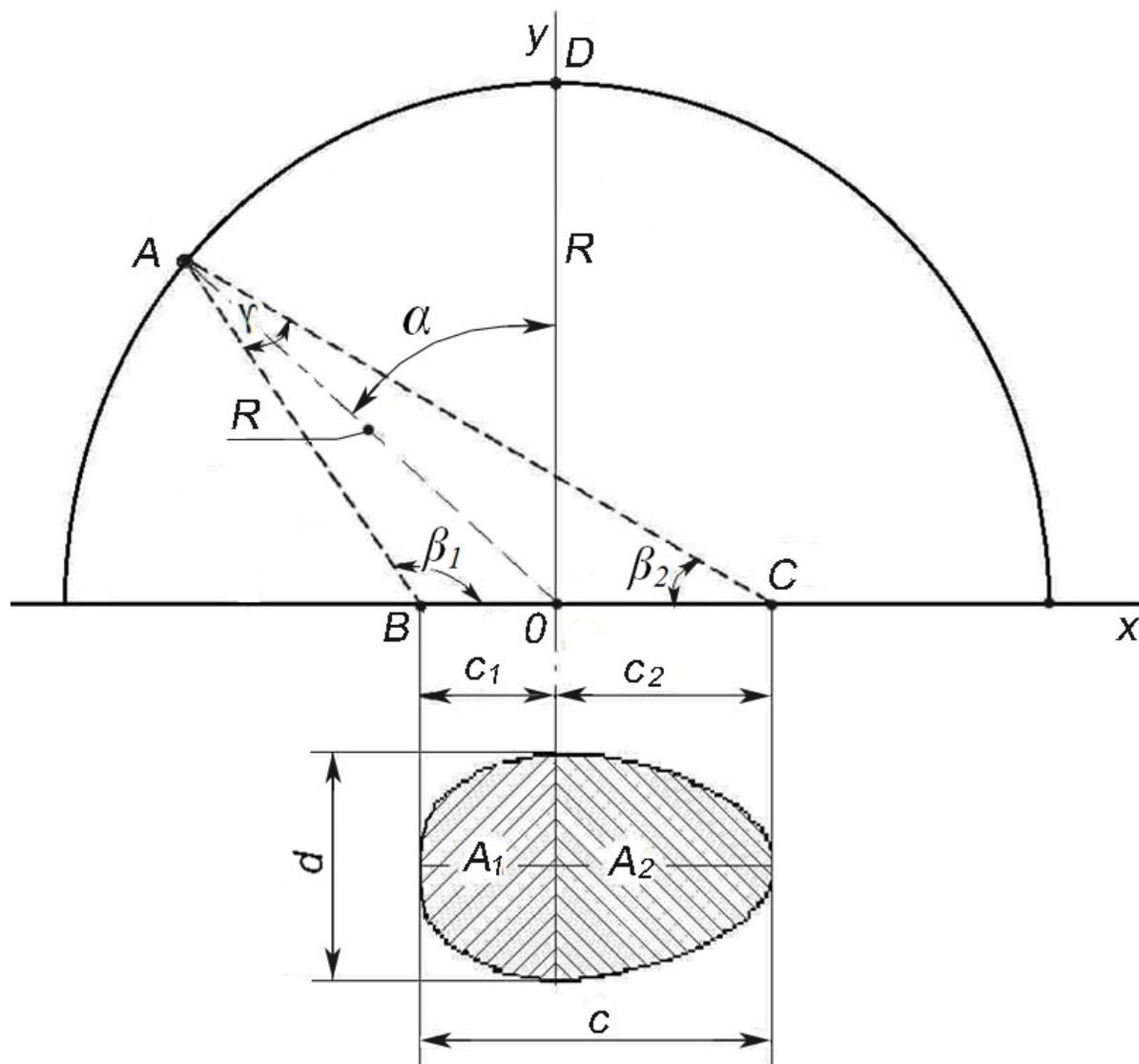


Рисунок 1. – Схема определения площади распыла для конусной полнофакельной форсунки типа Lechler серии 490.

$\gamma$  – угол распыла;  $\alpha$  – вертикальный угол установки форсунки;

$R$  – расстояние установки форсунки;  $A_1$ ,  $A_2$  – компоненты обрабатываемой форсункой площади  $A$

Они являют собой половину площади эллипса с разными полуосями:  $c_1$ ,  $c_2$  и  $d/2$ .

С учетом схемы представленной на рис.1:

$$\beta_1 = 90 - \frac{\gamma}{2} + \alpha. \quad (1)$$

$$\beta_2 = 180 - \beta_1 - \gamma; \quad (2)$$

Подставим выражение (1) в выражение (2), получим:

$$\beta_2 = 90 - \frac{\gamma}{2} - \alpha. \quad (3)$$

Горизонтальные полуоси  $c_1$  и  $c_2$  эллипса распыла форсунки (см. рис.1) найдем по теореме синусов:

$$\frac{c_1}{\sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{R}{\sin \beta_1}, \text{ сл-но: } c_1 = \frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_1}; \quad (4)$$

$$\frac{c_2}{\sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{R}{\sin \beta_2}, \text{ сл-но: } c_2 = \frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_2}. \quad (5)$$

Определим полную площадь эллипса факела распыла  $A$ , состоящую из двух половин  $A_1$  и  $A_2$ :

$$A = A_1 + A_2 = \frac{\pi d c_1}{2 \cdot 2} + \frac{\pi d c_2}{2 \cdot 2} = \frac{\pi d}{4} (c_1 + c_2), \quad (6)$$

где:  $d = 2R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$ ;

$$A_1 = \frac{\pi d}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_1}; \quad (7)$$

$$A_2 = \frac{\pi d}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_2}. \quad (8)$$

По формулам сокращенного умножения синусов, выразим углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (см. рис.1) через заданные величины (угол распыла -  $\gamma$  и угол расположения форсунки -  $\alpha$ ):

$$\begin{aligned} \sin \beta_1 &= \sin \left( 90 + \left( \alpha - \frac{\gamma}{2} \right) \right) = \sin 90 \cdot \cos \left( \alpha - \frac{\gamma}{2} \right) + \\ &+ \cos 90 \cdot \sin \left( \alpha - \frac{\gamma}{2} \right) = \cos \left( \alpha - \frac{\gamma}{2} \right); \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \sin\beta_2 &= \sin\left(90 - \left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)\right) = \sin 90 \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) - \\ &- \cos 90 \cdot \sin\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) = \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right). \end{aligned} \quad (10)$$

Подставим выражение (6) выражения (7,8,9,10), получим:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi d}{4} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cdot \left(\frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_1} + \frac{R \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta_1}\right) = \frac{\pi 2R}{4} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cdot R \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\alpha - \frac{\gamma}{2}\right)} + \frac{1}{\cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)}\right) = \frac{1}{2} \pi R^2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\alpha - \frac{\gamma}{2}\right)} + \frac{1}{\cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)}\right). \end{aligned} \quad (11)$$

Подставим в выражение (11) следующие данные:

Случай первый: угол распыла форсунки  $\gamma = 45^\circ$ , расстояние форсунки от обрабатываемой поверхности  $R=250\text{мм}$ , угол расположения форсунки от вертикали меняется в интервале  $15...55^\circ$ , с шагом в  $5^\circ$ .

Результат расчета, выполненного в программе MathCAD, представлен на рис.2.

Площадь, обрабатываемая форсункой, меняется от  $0,035$  до  $0,09 \text{ м}^2$ .

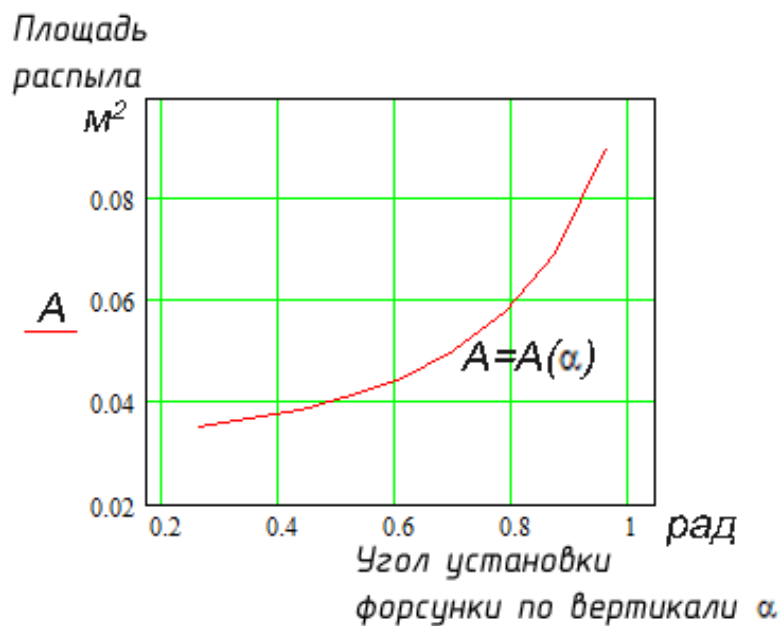


Рисунок 2. - Диаграмма определения площади пятна распыла полнофакельной форсунки, при  $\gamma = 45^\circ$  и  $R=250\text{мм}$ .

Случай второй: угол распыла форсунки  $\gamma = 45^\circ$ , расстояние форсунки от обрабатываемой поверхности  $R=500\text{мм}$ , угол расположения форсунки от вертикали меняется в интервале  $15...55^\circ$ , с шагом в  $5^\circ$ . Результат расчета, выполненного в программе MathCAD, представлен на рис.3. Площадь, обрабатываемая форсункой, меняется от 0,141 до 0,361 м<sup>2</sup>.

Случай третий: угол распыла форсунки  $\gamma = 60^\circ$ , расстояние форсунки от обрабатываемой поверхности  $R=250\text{мм}$ , угол расположения форсунки от вертикали меняется в интервале  $15...55^\circ$ , с шагом в  $5^\circ$ .

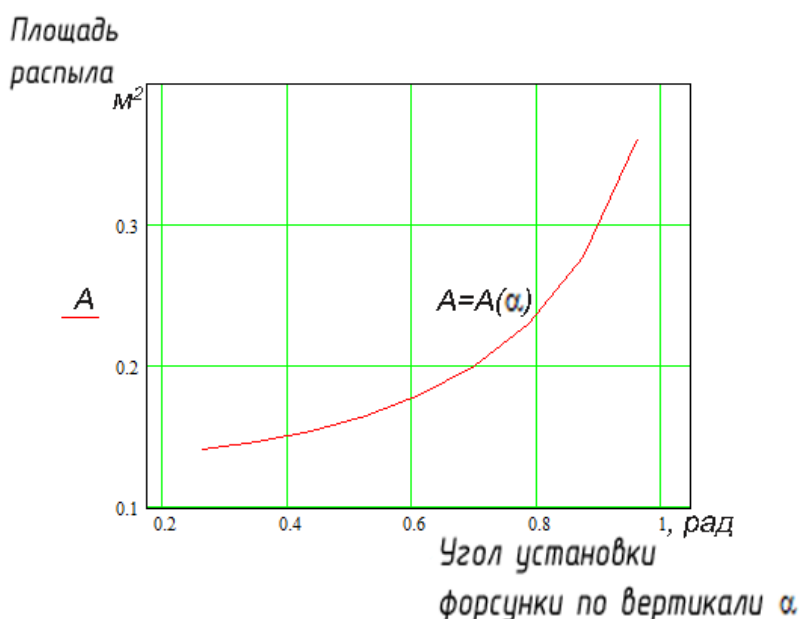


Рисунок 3. - Диаграмма определения площади пятна распыла полнофакельной форсунки, при  $\gamma = 45^\circ$  и  $R=500\text{мм}$ .

Результат расчета, выполненного в программе MathCAD, представлен на рис.4. Площадь, обрабатываемая форсункой, меняется от 0,069 до 0,356 м<sup>2</sup>.

Случай четвертый: угол распыла форсунки  $\gamma = 60^\circ$ , расстояние форсунки от обрабатываемой поверхности  $R=500\text{мм}$ , угол расположения форсунки от вертикали меняется в интервале  $15...55^\circ$ , с шагом в  $5^\circ$ .

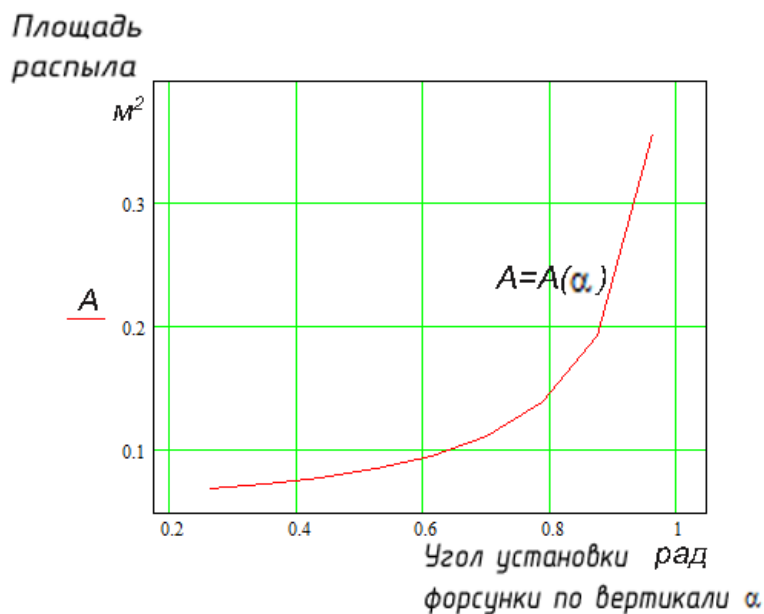


Рисунок 4. - Диаграмма определения площади пятна распыла полнофакельной форсунки, при  $\gamma = 60^\circ$  и  $R=250$ мм.

Результат расчета, выполненного в программе MathCAD, представлен на рис.5. Площадь, обрабатываемая форсункой, меняется от 0,278 до 1,426  $m^2$ .

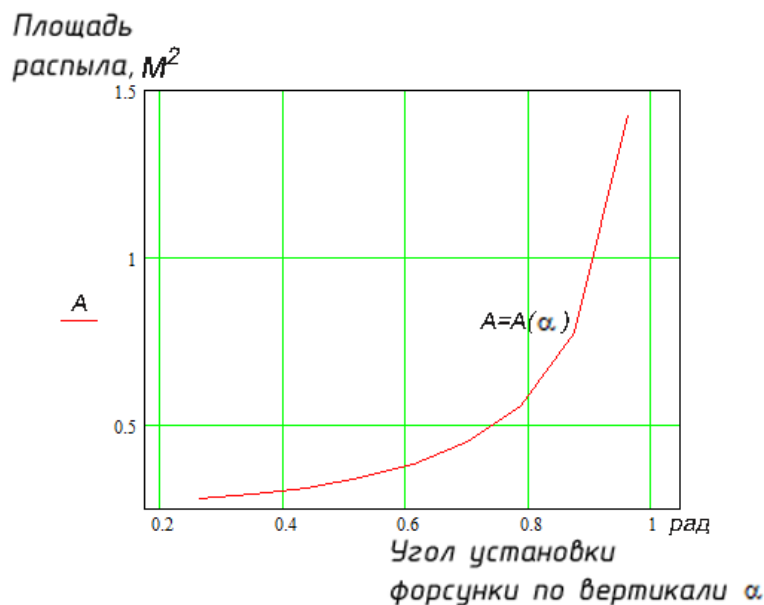


Рисунок 5. - Диаграмма определения площади пятна распыла полнофакельной форсунки, при  $\gamma = 60^\circ$  и  $R=500$ мм.

Вывод: увеличение расстояния от форсунки до обрабатываемой поверхности форсунки от минимального значения ( $R=250$ мм) до

максимального ( $R=500\text{мм}$ ) вызывает увеличение площади пятна распыла форсунки примерно в 4 раза, а замена форсунки с углом распыла с  $45^\circ$  на  $60^\circ$  - увеличивает площадь пятна распыла в 2 раза.

### **Список литературы**

1. Пат. РФ №68847. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от ботвы Машины для уборки корнеклубнеплодов / С.В. Колупаев, Г.К.Рембалович, А.И.Бойко и др.— Оpubл. 13.06.2007; Бюл. № 34.

### **List of references**

1. Pat. RF №68847. Ustrojstvo dlja otdelenija korneklubneplodov ot botvy Mashiny dlja uborki korneklubneplodov / S.V. Kolupaev, G.K.Rembalovich, A.I.Bojko i dr.— Opubl. 13.06.2007; Bjul. № 34.