

подстилочного материала, полученного на основе навоза КРС животноводческих ферм Беларуси. Кроме этого, отечественные сельхозпроизводители практически не информированы об эффективности технологии приготовления и применения подстилочного материала на основе навоза КРС.

6. Реализация проекта позволяет отказаться от ежегодного применения не менее 1 млн тонн соломы для целей подстилки.

7. Проект имеет экспортный потенциал по реализации технологии и оборудования для приготовления подстилочного материала на основе навоза КРС в ближнее зарубежье.

8. Риски по реализации проекта в Беларуси состоят в необходимости инвестировать около 43 млн у. е. при высокой банковской кредитной ставке, а также в консервативном отношении сельхозпроизводителей Беларуси к инновациям.

Список использованных источников

1. Menear J. R. Dairy-cattae manure liquid – solid separation with a screw press / J.R. Menear, L.W. Swith// Journal of animal Science. – 1973. – Vol. 36. – P. 788–791.

2. Keys J.E, Response of dairy cattle given a free choice of free stall location and 3 bedding materials/ J.E. Keys, L.W. Smith, B.T. Weinland// Journal of Dairy Science. – 1976. – Vol.59. – P. 1157–1162/

3. Feiken M. Recycled manure solids as biobedding in cubicles for dairy cattle. Considerations and tips for practice [Электронный ресурс]/ M. Feiken, W. van Laarhoven. – Режим доступа: <http://www.keydollar.eu/wp-content/uploads/2014/09/Biobedding-English-version.pdf>. – Дата доступа: 31.07.2016.

УДК 631.348.45

Поступила в редакцию 31.10.2022
Received 31.10.2022

В. К. Клыбик, И. С. Пылило

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: Labts@mail.ru*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАЮЩИХСЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ УЛЬТРАМАЛООБЪЕМНОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Обоснованы конструктивно-технологические параметры и режимы работы вращающихся распылителей для внесения жидких растворов.

Ключевые слова: распылитель, агротребования, вращающиеся тарелки, диск, жидкие растворы, ультра-малообъемное, доза.

V. K. Klybik, I. S. Pylilo

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: Labts@mail.ru*

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF ROTATING SPRAYERS FOR ULTRA-LOW VOLUME APPLICATION OF LIQUID SOLUTIONS

Abstract. The design and technological parameters and operating modes of rotating sprayers for the introduction of liquid solutions are substantiated.

Keywords: sprayer, agricultural requirements, rotating plates, disk, liquid solutions, ultra-low volume, dose.

Введение

Контролируемое капельное опрыскивание является одним из наиболее эффективных методов уменьшения расхода рабочей жидкости без снижения биологической эффективности применения

пестицидов. Реализация данного метода возможна за счет использования вращающихся распылителей специальной конструкции, а также перфорированных барабанов для авиационных и полевых опрыскивателей [1].

Успех эффективного применения пестицидов заключается в равномерном и точном распределении рабочей жидкости на целевом объекте. Немаловажную роль также играет размер капель при внесении препарата. У большинства серийных распылителей, применяемых на полевых тракторных опрыскивателях, факел распыла состоит из полидисперсных капель. При таком способе внесения препарата большие капли не достигают целевого объекта и попадают на землю, а мелкие сносятся ветром. Таким образом неэффективно используется значительная часть вносимых пестицидов, которые вместо использования по целевому назначению загрязняют окружающую среду.

В зависимости от задачи, которая решается с использованием тех или иных средств защиты растений, существует определенный размер капель, которым соответствует наибольший биологический эффект. Таким образом, основной целью контролируемого капельного опрыскивания является создание факела, состоящего из монодисперсных капель, размер которых в максимальной степени способствует повышению биологического эффекта от применения средств защиты растений.

Основная часть

Вращающийся распылитель (рис. 1) позволяет формировать необходимые для конкретной задачи размеры капель по технологии ультрамалообъемного опрыскивания, таким образом экономится значительное количество препарата по сравнению с серийными распылителями, устанавливаемыми на штангах опрыскивателя. Уменьшение количества пестицидов, вносимых на единицу площади поля, также способствует снижению риска загрязнения окружающей среды.

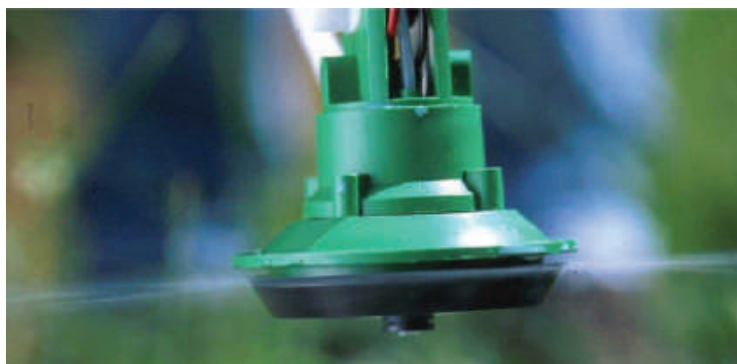


Рис. 1. Вращающийся распылитель

Привод распылителя осуществляется от аккумуляторной батареи энергетического средства. Конструкция вращающейся части диска обеспечивает качественное дробление жидкости в широком диапазоне угловых скоростей. Выбирая скорость вращения диска, можно сформировать капли различного диаметра для решения конкретных задач.

Согласно агротребованиям, предъявляемым к ультрамалообъемному опрыскиванию, диаметр капель жидкости должен составлять от 50 до 200 мкм для качественного покрытия листовой поверхности [2]. Для определения диаметра капель используется формула [3]:

$$d = \frac{c}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma}{R\rho_{ж}}}, \quad (1)$$

где: $c \approx 2,9$ – константа; ω – угловая скорость рабочего элемента распылителя, рад/с; σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м; R – радиус рабочего элемента, мм; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, г/см³.

Из данного выражения видно, что на степень дробления жидкости при работе вращающегося распылителя влияют его конструктивные и режимные параметры – радиус и число оборотов ра-

бочего элемента. Они могут быть определены по формуле (1) с учётом агротребований, предъявляемых к малообъёмному опрыскиванию. Таким образом, радиус рабочего элемента равняется:

$$R = \frac{\sigma \cdot (C / \omega)^2}{d^2 \cdot \rho_{жс}}. \quad (2)$$

Далее, вычислив значение данного показателя, при котором будет обеспечиваться необходимая дисперсность дробления, можно определить нужную угловую скорость рабочего элемента распылителя:

$$\omega = \frac{C \sqrt{\sigma / (R \cdot \rho_{жс})}}{d}. \quad (3)$$

Так как угловая скорость равна

$$\omega = 2\pi \cdot n, \quad (4)$$

где n – число оборотов тарелки распылителя, об/мин., следовательно,

$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{C \sqrt{\sigma / R \rho_{жс}}}{2\pi d}. \quad (5)$$

На основании расчётов, произведённых по формулам (2) и (5), строятся аналитические графики: зависимости диаметра образующихся капель от радиуса R вращающейся тарелки (рис. 2) и от числа оборотов вращающейся тарелки n (рис. 3).

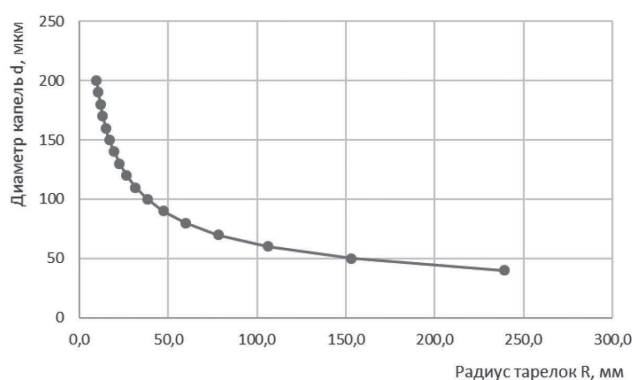


Рис. 2. График зависимости диаметра образующихся капель d от радиуса R вращающейся тарелки

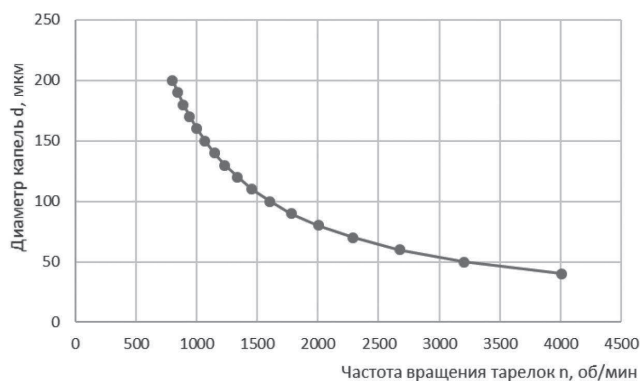


Рис. 3. График зависимость диаметра образующихся капель d от числа оборотов вращающейся тарелки n

Анализ графической зависимости, представленной на рис. 2, показал, что при варьировании радиуса тарелки распылителя R от 40 до 60 мм диаметр образующихся капель изменяется в диа-

пазоне от 80 до 100 мкм. Из этого можно сделать вывод, что получение капель, имеющих размер, удовлетворяющий агротребованиям для ультрамалообъемного опрыскивания (от 40 до 200 мкм), обеспечивается при применении тарелок радиусом 60 мм.

Из представленного на рис. 3 графика видно, что из всего диапазона значений размера капель, допустимых для ультрамалообъемного опрыскивания, наименьшее из них, 40 мкм, обеспечивается при вращении распыливающей тарелки радиусом 60 мм с частотой около 4000 об/мин.

По утверждению учёных, занимавшихся вопросами аэродинамики, а именно П.И. Дурнова, степень воздействия воздушного потока на лопасти крыльчатки зависит от их угла атаки β . Следовательно, под влиянием этого параметра изменяется и частота вращения n распылителя.

Из всего вышесказанного следует, что для передачи крыльчатке крутящего момента, необходимого для обеспечения требуемого числа оборотов, нужно создать соответствующий напор воздушного потока. Для этого надо затратить определённую мощность. Её значение вычисляется по формуле

$$N = h \cdot Q, \quad (6)$$

где h – напор вентилятора, м³/с; Q – расход воздуха, м³/с.

От этой величины зависит значение момента качества движения массы воздуха $M = \frac{P}{\omega}$, который используется при определении окружной составляющей скорости воздушного потока:

$$C = \frac{M}{mR_L}, \quad (7)$$

где M – момент качества движения массы, Н·м²; m – модуль (теоретическая длина пути, пройденная воздухом при повороте крыльчатки с лопастями на 1 радиан), мм; R_L – радиус крыльчатки с лопастями, мм.

Согласно теории П. И. Дурнова, существует связь между окружной составляющей скорости воздуха C_u и углом атаки β лопастей крыльчатки:

$$C_u = C_a \cdot \text{ctg}\beta. \quad (8)$$

Здесь C_a – осевая скорость крыльчатки, которая также может быть определена, исходя из расхода воздуха Q и площади выходного сечения горловины воздуховода A :

$$C_a = \frac{Q_T}{A}, \quad (9)$$

где $Q_T = 16 \times \pi^2 \times R_L^2 \times 3 \times n$; $A = \pi \times R_L^2$.

Причём частота вращения распылителя n равна частоте вращения тарелок n_T .

Отсюда:

$$C_a = \frac{16 \cdot \pi^2 R_L^2 \cdot n}{\pi^2 R_L^2} = 16\pi n. \quad (10)$$

Подставив выражения осевой скорости C_a и её окружной составляющей C в формулу (8), получим значение угла атаки β лопастей крыльчатки:

$$\text{ctg}\beta = \frac{C_a}{C_u} = \frac{16\pi n}{M / (mR_L)} = \frac{16\pi n}{M / \left(\frac{C_a}{\omega} R_L \right)} = \frac{16\pi n}{\frac{P}{\omega} / \left(\frac{C_a}{\omega} R_L \right)} = \frac{16\pi n}{P / (C_a R_L)} = \frac{16\pi n C_a R_L}{P}. \quad (11)$$

На основании полученных данных строится график зависимости частоты вращения крыльчатки n от угла атаки лопастей β (рис. 4), из которого видно, что частота вращения крыльчатки для получения необходимой степени дробления жидкости, требуемой при малообъемном опрыскивании, обеспечивается при угле атаки лопастей $\beta=40^\circ$ и, соответственно, при ультрамалообъемном – $\beta=20^\circ$.

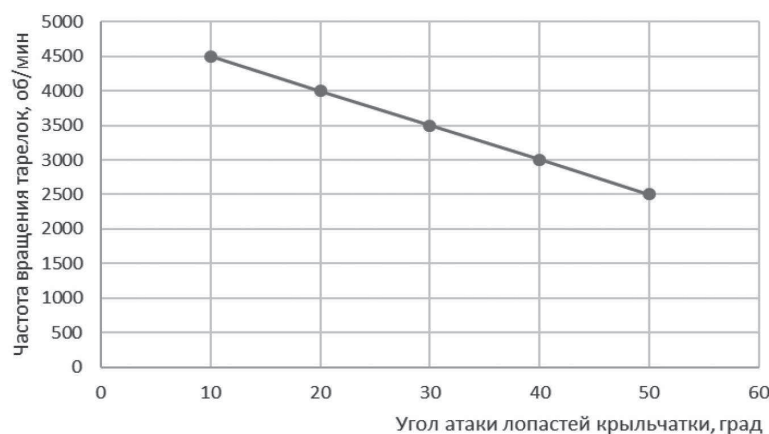


Рис. 4. График зависимости частоты вращения тарелок n от угла атаки лопастей β

Исходя из полученного выражения формулы (11), зная угол атаки β лопастей крыльчатки, можно определить мощность, затрачиваемую на её привод:

$$P = \frac{256 \times \pi^2 \times n^2 \times R_{\text{Л}}}{\text{ctg}\beta}, \quad (12)$$

где 256 – переводной коэффициент.

Вращающийся распылитель позволяет формировать необходимые для конкретной задачи размеры капель по технологии ультрамалообъемного опрыскивания, таким образом экономится значительное количество препарата по сравнению с серийными распылителями, устанавливаемыми на штангах опрыскивателя. Уменьшение количества пестицидов, вносимых на единицу площади поля, также способствует снижению риска загрязнения окружающей среды.

Для борьбы с сорняками и болезнями растений: частота вращения диска устанавливается в диапазоне от 500 до 2000 об/мин, что позволяет формировать капли размером от 200 до 300 мкм, диапазон доз внесения от 30 до 60 л/га; при частоте вращения диска в диапазоне от 150 до 1000 об/мин формируются капли размером от 100 до 200 мкм, диапазон доз внесения – от 10 до 30 л/га.

Для борьбы с вредителями: частота вращения диска устанавливается в диапазоне от 50 до 500 об/мин, что позволяет формировать капли размером от 75 до 150 мкм, диапазон доз внесения от 10 до 20 л/га.

Заключение

Из представленных выше теоретических предпосылок можно сделать вывод о существенном влиянии на стабильность протекания технологического процесса дробления жидкости вращающимся распылителем его конструктивных и режимных параметров, а именно радиуса и числа оборотов рабочего элемента.

Анализ графической зависимости показал, что при варьировании радиуса тарелки распылителя R от 40 до 60 мм диаметр образующихся капель изменяется в диапазоне от 100 до 80 мкм. Для получения капель, имеющих размер, удовлетворяющий агротребованиям для ультрамалообъемного опрыскивания (от 40 до 200 мкм), необходимо использовать тарелки радиусом 60 мм.

Из всего диапазона значений размеров капель, допустимых для ультрамалообъемного опрыскивания, наименьшее из них, 40 мкм, обеспечивается при вращении распыливающей тарелки радиусом 60 мм с частотой около 4000 об/мин.

Список использованных источников

1. Беспилотники в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. Russian Drones. – Режим доступа: <https://russiadrone.ru/publications/bespilotniki-v-selskomkhozyaystve>. – Дата доступа: 24.09.2020.

2. Каверзнева, Г. Об ограниченном применении ультрамалообъемного опрыскивания пестицидами в США / Г. Каверзнева // Защита растений от вредителей и болезней, серия 16. – 1979. – № 8. – С. 55.

3. Лаврентьев, М. А. Проблемы гидродинамики и их математические модели / М. А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М.: ФизМатГиз, 1973. – 416 с.

УДК 631.171:637.11

Поступила в редакцию 01.11.2022

Received 01.11.2022

И. И. Гируцкий¹, С. И. Немирович¹, В. К. Клыбик²

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: Nemirovich_S_I@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Аннотация. В статье приведено сравнение доильных залов с доильным роботом, а также сделана оценка их экономической эффективности для Республики Беларусь.

Ключевые слова: доильный робот, оценка, коровы, карусель, елочка, тандем, параллель.

I. I. Girutsky¹, S. I. Nemirovich¹, V. K. Klybik²

¹ EI “Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: Nemirovich_S_I@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF MILKING ROBOTS

Abstract. The article presents a comparison of milking parlors with a milking robot, as well as an assessment of their economic efficiency for the Republic of Belarus.

Keywords: milking robots, evaluation, cows, carousel, herringbone, tandem, parallel.

Введение

Беспривязное содержание коров и компьютеризированные системы управления стали основой развития молочного скотоводства Республики Беларусь. Притом особую важность приобретает вопрос выбора доильного оборудования, основанного на максимально объективном анализе, без рекламных предложений фирм-производителей. В настоящее время не только в странах с высококоразвитым молочным скотоводством (Нидерланды, Германия и др.), но и в России и Беларуси высокими темпами внедряются доильные роботы (automatic milking system, AMS). Использование роботов для доения коров способствует возникновению практически новой технологии, основная суть которой заключается в самообслуживании животного [1]. Доильная робототехника применяется в малых, средних и крупных по численности персонала организациях, в отличие от Западной Европы, где она в основном используется на фермах семейного типа. Появление доильных роботов на молочно-товарных фермах является результатом многолетних исследований зарубежных фирм по замене высокооплачиваемых операторов машинного доения (с годовой зарплатой 24–36 тыс. долл.) программно-техническими средствами. Так исследования показали экономию затрат физического труда при роботизированном доении от 30 % до 40 % по сравнению с обычными системами доения [2].