

Список использованных источников

1. ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85) Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 21 с.
2. Новицький, А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки / А. В. Новицький / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – С. 41–48.
3. Молодик, М. В. Обґрунтування правил призначення ремонтно-обслуговуючих робіт для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки / М. В. Молодик, О. В. Смашнюк / Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – 2010. – Вип. 96. – С. 3–10.
4. Сидорчук, О. В. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Науковий журнал. Луцьк, ЛНТУ. – 2011. – №7. – С.141–144.
5. Днесь, В. І. Прогнозування дат досягання ранніх зернових культур на основі моделювання / В. І. Днесь, В. І. Скібчик, С. Г. Жуль / Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. Глеваха. – 2014. – Т. 2, Вип. 99. – С. 384–391.
6. Сидорчук, О. В. Аналіз процесу формування добового організаційно-відкоригованого фонду робочого часу на виконання післязбиральної обробки зерна / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: тези доп. II Всеукраїнська наук.-практ. конф. Житомир: ЖАТК. – 2016. – С. 61–64.
7. Сидорчук, О. В. Подієвий підхід до моделювання агрометеорологічних умов під час збирання ранніх зернових культур / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016: тези доп. Одинадцятій Міжнародній наук.-практ. конф. Чернігів: ЧДІТУ. – 2016. – С. 59–63.
8. Kudrynetskyi, R. Methodical principles of modeling of subject-agrometeorological events in technological processes growing of grain crops / R. Kudrynetskyi, V. Dnes, V. Skibchuk // ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. – 2018. – Vol. 18. No. 3. – Pp. 129–139
9. Молодик, М.В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві / М.В. Молодик. – Кіровоград: КОД, 2009. – 180 с.
10. Сидорчук, О. В. Реформування сільськогосподарських підприємств і параметри сервісних систем / О. В. Сидорчук, В.М. Боярчук, А.М. Тригуба, І.М. Бендера, С.Р. Сенчук / Зб. наук. праць, № 10. – Кам'янець-Подільський: Ред.-вид. відділ ПДАТА. – 2002. – С. 221–223.

УДК 631.937.33

Поступила в редакцію 25.10.2019
Received 25.10.2019

С. О. Маранда

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»,
пгт Глеваха, Украина,*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАТЕРИАЛА НА ПОЛЕ ПРИ РАССЕЛЕНИИ ТРИХОГРАММЫ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

В статье рассматривается проблема повышения качества сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет внедрения метода биологической защиты растений от вредителей.

Для решения данной задачи проведены теоретические исследования процесса полета частицы биоматериала и проведена экспериментальная проверка дозирующе-высевающего устройства (ДВУ) беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы по определению распределения биоматериала на поле.

Ключевые слова: дозирующе-высевающее устройство, эжектор, беспилотный летательный аппарат, биологическая защита растений, расселение трихограммы, норма расселения, ширина захвата.

S. O. Maranda

*National Science Center “Institute of Agricultural Mechanization and Electrification”,
Glevakha Township, Ukraine,*

RESEARCH OF THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF BIOMATERIAL ON THE FIELD AT THE RESERVATION OF THE TRIGROGRAM BY AN UNMANNED AIRCRAFT

The article deals with the problem of improving the quality of agricultural crop production due to the introduction of biological protection of plants from pests.

To solve this problem, theoretical studies of the process of flight of a particle of biomaterial were carried out and an experimental verification of the dosing and seeding device of an unmanned aerial vehicle for settling the trichogram was performed to determine the distribution of biomaterial on the surface of the field.

Keywords: dosing sowing device, ejector, unmanned aerial vehicle, biological protection of plants, reshaping of trichograms, norm of settlement, with of capture.

Вступление

Качество сельскохозяйственной продукции растениеводства зависит от ухода за растениями, а именно защиты от вредителей, болезней и сорняков. В мире все больше предприятий внедряет органическое земледелие, требует запрета использования в растениеводстве химических препаратов и особенно пестицидов. Альтернативой химической защите растений от вредителей является биологический метод, заключающийся в использовании биологических средств борьбы с вредными организмами. Таким биологическим средством, широко используемым в борьбе с вредителями, является трихограмма, применяемая как на полях, так в садах и виноградниках против ряда вредителей, среди которых листовёртки, плодожорки и другие. Для качественной борьбы трихограммы с вредителями ее расселяют на площади поля с определенной плотностью, зависящей от дозы и равномерности расселения. Для обеспечения необходимой дозы и равномерности распределения, нужны высокопроизводительные технические средства, которые, в процессе расселения трихограммы, не будут повреждать как полезных насекомых, так и сами растения сельскохозяйственных культур.

В последние годы были разработаны технические средства для механизированного расселения трихограммы для беспилотной авиации. По анализу практического применения существующих средств видно, что у них наблюдаются недостатки такие, как повреждение материала и некачественное распределение на поле. Это обусловлено несоблюдением агротехнических требований. Поэтому конструкция дозирующе-высевающего устройства для расселения трихограммы, должна соответствовать жестким требованиям по дозировке и распределению биоматериала на поле, иметь сравнительно простую форму конструкционного исполнения, а также малый вес.

Необходимо отметить, что, при механизированном расселении, трихограмма находится в стадии куколки. Производство насекомых для борьбы с вредителями происходит путем заражения трихограммой яиц зерновой моли, в которых она развивается. Поэтому в агропромышленном производстве, на поля сельскохозяйственных культур, вносят яйца зерновой моли, зараженные трихограммой. Через определенный промежуток времени из куколки рождается трихограмма, прогрызая оболочку яйца, насекомое выходит наружу. Расселение трихограммы в стадии куколки имеет преимущества, поскольку есть возможность отмерить порционность и запас времени на проведение данной процедуры.

Расселение трихограммы – сложный процесс, включающий дозирование биоматериала и его распределение на поле. Процедура осложняется тем, что расселение трихограммы необходимо осуществлять малыми нормами, находящимися в пределах 1–8 г/га. В связи с этим, для повышения равномерности расселения трихограммы, используют наполнитель. Наиболее близкими по физико-механическим свойствам к яйцам зерновой моли, зараженными трихограммой, является манная крупа.

Изучив физико-механические свойства яиц зерновой моли, авторы работ [1–3] установили, что их длина находится в пределах 0,55–0,65 мм, а ширина – 0,25–0,35 мм, по форме они похожи на эллипсоид. Скорость витания яйца находится в пределах 0,5–1,5 м/с. Коэффициент парусности находится в пределах 2,7–61,3 1/м.

23% яиц зерновой моли, зараженных трихограммой, имеют скорость витания 0,74 м/с и коэффициент парусности 17,9 1/м. Объемная плотность зависит от стадии развития трихограммы и за один-два дня к возрождению энтомофага составляет 0,35–0,55 г/см³. Количество яиц в 1 г достигает в среднем 80–96 тыс. шт., Абсолютная масса 1000 шт. яиц – 0,0104 г. Нагрузка на сжатие не должна превышать 0,1 кПа. В случае удара яйца о препятствие со скоростью 20 м/с – трихограмма не возрождается [1–3].

Основная часть

Как было отмечено, эффективность трихограммы зависит от равномерности ее распределения на поле. Распределение материала на поле зависит от дальности полета частицы, движение которой предоставляет воздушный поток, проходящий в канале дозирующе-высевающего

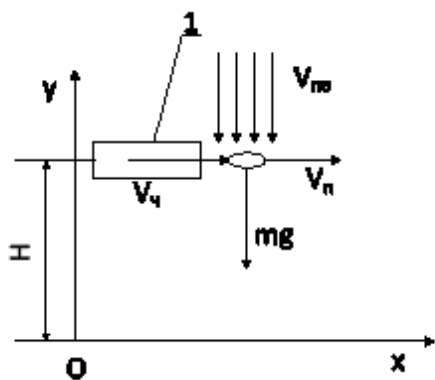


Рис. 1. – Схема сил, действующих на яйцо зерновой моли

устройства. Для определения дальности полета частицы были проведены теоретические исследования процесса распределения биоматериала на поле.

На яйцо зерновой моли, вылетающее из раструба ДВУ (1) со скоростью $V_ч$, перемещаемое на высоте H действует сила тяжести mg . Кроме этого, на него действует воздушный поток от пропеллеров квадрокоптера $V_{вб}$ и сопровождающий поток V_n , проходящей через ДВУ (рис. 1).

Схема сил представляет систему дифференциальных уравнений (1).

$$\begin{cases} \frac{md \cdot V_x}{dt} = -\frac{mg}{V_{вб}} \cdot (V_x - V_n) \\ \frac{md \cdot V_y}{dt} = -mg - \frac{mg}{V_{вб}} \cdot V_{вб} \end{cases}, \quad (1)$$

где $V_{вб}$ – скорость витания частицы, м/с.

Сокращаем оба уравнения системы на m и сводим к общему знаменателю, получаем уравнение:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{V_n g}{V_{вб}} - \frac{V_x g}{V_{вб}} \\ \frac{dV_y}{dt} = -g - \frac{V_{вб} g}{V_{вб}} \end{cases}.$$

Проведя ряд преобразований, получаем уравнение (2):

$$x_1(t) = \frac{-V_{вб}}{g} \cdot e^{\frac{-g}{V_{вб}} \cdot t} \cdot (V_{вб} - V_{вб}) + V_{вб} \cdot t + C_1. \quad (2)$$

Учитывая, что $V_n = V_0$, получаем уравнение:

$$x_1(t) = V_n \cdot t + C_1.$$

При начальных условиях: $x_1(t) = V_n \cdot t$, получаем уравнение:

$$y_1(t) = (V_{вб} + V_{вб}) \cdot \left(t - \frac{V_{вб}}{g} \cdot e^{\frac{g}{V_{вб}} \cdot t} \right) + C_1,$$

$$y_1(0) = H$$

$$y_1(t) = (V_{вб} + V_{вб}) \cdot \left(t - \frac{V_{вб}}{g} \cdot sh \left(\frac{g}{V_{вб}} \cdot t \right) \right) + H. \quad (3)$$

Уравнения (2, 3) были вычислены на ПК с помощью программного продукта Mathcad при следующих условиях: $V_{вб} = 0,5-1,5$ м/с; $H=5$ м; $V_{вб} = 5$. На графиках изображена траектория движения частицы.

Для проверки качества распределения биоматериала на поле при биологической защите растений, в лабораторно-полевых опытах было использовано дозирующе-высевающее устройство со сплошным распределением материала, которые состоит из конфузора, дозатора, раструба-распылителя, расположенного над дозатором бункера для биоматериала (см. рис. 3) [4–7].

Для проведения опытов, высевающее устройство монтировалось на подвес, специально разработанный для квадрокоптера DJI Phantom 4 (см. рис. 4).

Опыты проводились на специальном участке без насаждений. Земельный участок должен быть ровный. Высота травостоя должна быть не более 50 мм.



Рис. 2. – Траектория движения частицы биоматериала в зависимости от скорости витания:
a – скорость витания 1,5 м/с; *б* – скорость витания 0,5 м/с

Исходя из заданной нормы расхода, расчетной ширины захвата и рабочей скорости движения дозирующе-высевающего устройства, вычисляют секундный расход трихограммы.

В соответствии с нормой расхода материала, дозатор устройства устанавливают на требуемый расход трихограммы. После этого определяют фактический расход трихограммы и, при необходимости, корректируют его. Полученная норма и является фактически установленной.

Расселение трихограммы проводят при скорости ветра не более 5 м/с.

Определение показателей расселения трихограммы по эффективной ширине захвата проводится в количестве, установленном на подстилочной поверхности площадью в 1 м².

Улавливание трихограммы осуществляется в деки размером 0,5×0,5×0,05 м, которые используются при оценке работы машины для внесения жидких и сыпучих удобрений.



Рис. 3. – Дозирующе-высевающее устройство для расселения трихограммы



Рис. 4. – Подвес дозирующе-высевающего устройства на квадрокоптер DJI Phantom 4

Размещение дек в рядах проводят на расстоянии, превышающем расчетную ширину захвата на 25%.

Для повышения точности (особенно на минимальных нормах расселения) опыт проводится через осуществление двух или трех проходов по одной и той же линии.

Изучение характеристик распределения-определения неравномерности и эффективной ширины захвата, производится в соответствии со стандартом [8]. Критерием для определения эффективной ширины захвата является показатель плотности расселения.

По количеству распределения биоматериала по ширине захвата строят графики распределения, где на оси абсцисс откладывают расстояния до исследуемых точек в метрах, на оси ординат - количественное распределение трихограммы.

Отклонение нормы расселения энтомофагов в граммах, в минуту, от фактически установленной, определяют, проводя специальные опыты.

Задают нормы расхода биоматериала в соответствии с расчетной ширины захвата и определяют скорость движения агрегата пробным заездом.

Вычисляют нужный расход энтомофагов в граммах, в минуту, через дозирующее устройство.

Налаживают на этот расход дозатор биоматериала, и определяют фактический расход контрольными замерами.

Для проведения опытов был выбран участок поля длиной 100 м и шириной 20 м (см. рис. 5). На этом участке были размещены через 0,5 метра деки размером 0,5×0,5×0,05 м.



Рис. 5. – Опытный участок поля

Лабораторно-полевые опыты проводились в солнечную погоду. Ветер - южный порывистый до 4,5 м/с. Высота полета квадрокоптера составляла 5 м, скорость полета – 5 м/с.

В конструкции дозирующе-высевающего устройства, во время проведения опытов, конфузор имел входной диаметр 50 мм, а диаметр отверстия мембраны дозатора – 2,5 мм.

Т а б л и ц а – Распределение материала на поле, шт./м²
(Диаметр отверстия мембраны дозатора – 2,5 мм, скорость полета – 5 м/с)

1	Номер измерительной деки												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Высота полета – 5 м													
Номер опыта	1	0	3	7	33	36	36	37	36	31	6	0	0
	2	0	1	9	29	36	38	38	37	34	8	2	0
	3	0	0	5	32	37	40	40	36	30	6	4	0
Среднее		0	1,33	7	31,33	36,33	38	38,33	36,33	31,67	6,67	2	0

Опыты проводились по следующей методике: в дозатор ДВУ устанавливали мембрану на заданную норму высева диаметром 2,5 мм, после чего засыпался биоматериал. Квадрокоптер запускали на месте старта в начале линии полета, проходящей по центру опытного участка. Дрон поднимали на заданную высоту и, с заданной равномерной скоростью, он пролетал над исследовательским участком. Опыты проводились с трехкратной повторяемостью. После чего проводился визуальный подсчет количества частиц исследовательского материала в каждом квадрате зачетного участка. Результаты опытов приведены в таблице и на рис. 6.

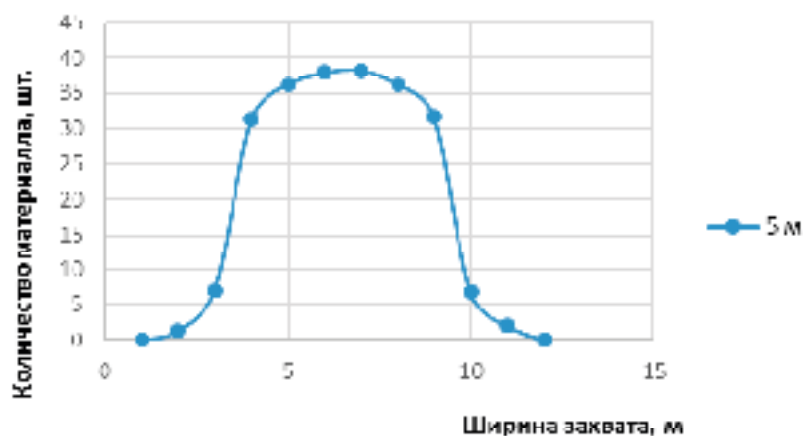


Рис. 6. – График распределения материала при скорости полета 5 м/с

По данным таблицы построен график распределения материала (рис. 6).

Для установления рабочей ширины захвата было определено оптимальное перекрытие (рис. 7).

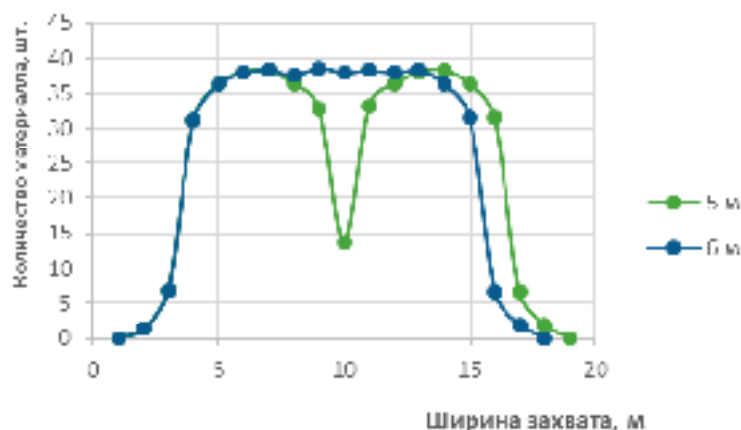


Рис. 7. – График распределения материала с перекрытием

Заключение

Из графиков распределения установлено, что максимальное расстояние нахождения частицы материала от линии пролета не превышает 6 м. Через действие воздушного потока от пропеллеров квадрокоптера, ширина распределения материала существенно уменьшается и диаграмма идентична перевернутой параболе.

Для повышения качества распределения материала обрабатывать поле необходимо с перекрытием 6 м.

Анализируя проведенные опыты, можно сделать вывод, что для качественного распределения материала, высота полета не должна быть меньше 5 м от поверхности растения, скорость полета – 5–10 м/с, а перекрытие – 6 м.

Список использованных источников

1. Абашкин А. С. К совершенствованию средств механизации расселения трихограммы. А. С. Абашкин, Б. Б. Кику, А. И. Гончарук. // Трихограмма в защите растений. – М.: Агропромиздат, – 1988. – С. 93–103.
2. Аленчикова Т. Ф. Биологическая оценка качества работы расселителя трихограммы. Т. Ф. Аленчикова // Актуальные вопросы создания машин для внесения удобрений и защиты растений: сб. науч. тр. / Науч.-произв. об-ние по с. х. машиностроению. – М., – 1988. – С. 65–68.
3. Инструкция по наземному механизированно расселения трихограммы / Ш. М. Гринберг, Л. П. Зильберг, Б. В. Пынзарь и др. – М., 1985.
4. Адамчук В. В. Обоснование дозатора летательных аппаратов для расселения трихограммы. В. В. Адамчук, С. А. Маранда // Механизация и электрификация сельского хозяйства: общегосударственный сборник / ННЦ «ИМЕСГ». – Глевах, 2018. – № 7 (106). – С. 27–36.
5. Адамчук В. В., Беспилотные летательные аппараты в растениеводстве. В. В. Адамчук, С. А. Маранда, В. Г. Мироненко // Вестник аграрной науки / 2015 – № 8. – С. 35–39.
6. Мироненко В. Г. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве Украины. В. Г. Мироненко, С. А. Маранда // MOTROL Motorization and power industry in agriculture / – Lublin, – 2011. – Т. 13 В. – С. 25–35.
7. Маранда С. А. Экспериментальная проверка дозирующее-высевающего устройства беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы. С. А. Маранда // Механизация и электрификация сельского хозяйства : общегосударственный сборник / ННЦ «ИМЕСГ». – Глевах, 2019. – № 9 (108). – С. 61–71.
8. Испытания сельскохозяйственной техники «Опрыскиватели, опылители и рассеиватели энтомофагов, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости. Методы испытаний». СОУ 74.3.37.137:2004. – Киев: Минагрополитики Украины, – 2006.

УДК 631.363.2

Поступила в редакцию 29.10.2019
Received 29.10.2019

Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд

*УО «БГАТУ»
г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ДВУХСТАДИЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований. Представлены оптимальные режимы работы оборудования. Приводятся результаты производственной проверки и экономической оценки применения двухстадийного измельчения зерна.

Ключевые слова: двухстадийное измельчение, вальцовый измельчитель, молотковый измельчитель, концентрированные корма, измельчение зерна.

N. A. Vorobiev, S. A. Drozd

*BSTU
Minsk, Republic of Belarus*

EXPERIMENTAL STUDY OF THE METHOD FOR TWO-STAGE GRINDING

The article presents the results of experimental studies. Presents the optimal modes of operation. The results of production testing and economic evaluation of the application of two-stage crushing of grain.

Keywords: two-stage grinding, roller shredder, hammer shredder, concentrated feed, grain grinding.

Введение

В Республике Беларусь в среднем за последние 10 лет собирается ежегодно 8,1 млн. тонн зерна, из них около 3 млн. тонн идут на кормовые цели, в том числе для производства комбикормов [1]. Важнейшей технологической операцией производства комбикорма является измельчение зерна [2].