



УДК 631.348.45/004.896:63

Н.Н. Бережнов, С.Н. Быков
N.N. Berezhnov, S.N. Bykov

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛЬТРАМАЛООБЪЕМНОГО ОПРЫСКИВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА**

**THE DEVICE FOR ULTRA-LOW VOLUME SPRAYING OF AGRICULTURAL CROPS
BY USING UNMANNED AERIAL VEHICLES OF HELICOPTER TYPE**

Ключевые слова: беспилотное авиационное средство, мультикоптер, опрыскивание, форсунка, соленоид, реле, защита растений, удобрения, геопозиционирование, аэрофотосъемка.

Предложен способ ультрамалообъемного внесения технологических материалов и устройство для его реализации на основе беспилотного авиационного средства с малой взлетной массой, позволяющее проводить точечную обработку малоразмерных объектов. Применение предложенного устройства в рамках данного способа позволит избежать повреждения растений, точно обработать те объекты и участки, куда доступ сельскохозяйственной технике закрыт по причине труднодоступности, расходуя минимальное количество препаратов, а также снизить удельные эксплуатационные затраты на обработку сельскохозяйственных посевов и насаждений.

тационные затраты на обработку сельскохозяйственных посевов и насаждений.

Keywords: unmanned aerial vehicle, multicopter, spraying, nozzle, solenoid, relay, plant protection, fertilizers, geo-positioning, aerial photography.

A method for ultra-low-volume application of technological materials and a device for its implementation based on an unmanned aircraft with a low take-off weight which allows for point processing of small-sized objects is proposed. The use of the proposed device within this method will allow avoiding damage to plants, spot-processing those objects and areas where access to agricultural machinery is closed due to inaccessibility, spending a minimum amount of preparations and also reduce the specific operating costs for treatment of agricultural crops and plantings.

Бережнов Николай Николаевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: n.berezhnov@mail.ru.

Быков Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: agro-kem@rambler.ru.

Berezhnov Nikolay Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: toapk@ksai.ru.

Bykov Sergey Nikolaevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: agro-kem@rambler.ru.

Введение

Реализация технологий точного земледелия предусматривает широкое использование беспилотных авиационных средств (БАС). Особенно они эффективны при планировании и контроле различных стадий сельскохозяйственного

производства за счет оперативного аэромониторинга агроландшафтов [1].

Все более широкое применение БАС находит в роли эффективного технического устройства при внедрении современных технологий защиты растений. В этом случае опрыскиватели БАС

могут заменить традиционные самоходные, навесные и прицепные опрыскиватели [2-4].

Основными недостатками традиционных технологий опрыскивания сельскохозяйственных культур является повышенное уплотнение почвы в колее машинно-тракторного агрегата, что существенно ухудшает агрофизические свойства почвы и снижает равномерность заделки семян удобрений в следующем агросезоне. Кроме того, на небольших участках и при сложном рельефе поле есть проблемы с маневренностью машинно-тракторных агрегатов.

Для решения вышеуказанных проблем нами предлагается использовать БАС вертолетного типа (мультикоптер). Данные летательные аппараты имеют необходимую экологичность и компактность, обладают высокой маневренностью, характеризуются низкой энергоемкостью. Мультикоптер при этом, помимо основных технологических операций химической обработки сельскохозяйственных культур, решает традиционные задачи дистанционного мониторинга сельскохозяйственных территорий для сбора данных о фитосанитарном состоянии посевов, обнаружения участков, поврежденных вредителями и болезнями.

Целью исследования является обоснование и разработка эффективной конструкции устройства для химической защиты растений путем их ультрамалообъемного опрыскивания на основании данных геопозиционирования с помощью БАС вертолетного типа с малой взлетной массой.

Для достижения указанной цели необходимо решить две основные **задачи**:

1) обосновать способ ультрамалообъемного внесения средств защиты растений при обработке сельскохозяйственных культур с применением БАС вертолетного типа;

2) разработать техническое средство реализации предложенного способа опрыскивания сельскохозяйственных культур с помощью малоразмерных БАС вертолетного типа.

Предлагаемый способ ультрамалообъемного опрыскивания средствами защиты растений (СЗР) при точечной обработке агроландшафтов с помощью мультикоптера включает этапы аэрофотосъемки зоны интереса, составления и анализа электронных карт полей, настройки мультикоптера и технологического оборудования для выполнения запланированных работ, обработки объектов, оценки результатов выполненной работы (рис. 1).

Объекты и методы

Существующие проекты ультрамалообъемного опрыскивания сельскохозяйственных культур с использованием БАС предусматривают использование мультикоптеров с высокой взлетной массой, предполагают использование технологических емкостей объемом около 10 л рабочей жидкости [3]. Главными ограничениями в этом случае являются значительная стоимость аппарата-носителя и сложность точечного внесения СЗР при обработке объектов малой площади.



Рис. 1. Этапы реализации способа ультрамалообъемного опрыскивания сельскохозяйственных растений

Выбор БАС вертолетного типа для использования его в качестве носителя устройства в рамках реализации способа дифференцированного и точного внесения СЗР на локализованный участок был основан на анализе показателей уровня конкурентоспособности с учетом потребительских свойств и тактико-технических характеристик летательного аппарата [6].

На выбранные модели мультикоптеров устанавливается разработанное нами устройство (опрыскивающий модуль). Данное устройство [7] состоит из корпуса 1 (рис. 2 а, б), в котором на резьбе установлено конусное дно 2. В него также на резьбовом соединении устанавливается соединительная втулка 3.

К соединительной втулке прикреплено основание 4. С одной стороны в него устанавливается трубка 6 с соплом 7, а другой стороны крепится соленоид 5, имеющий запорный клапан 8. Последний управляется с помощью электронного приемника сигналов 9. Управление приемником осуществляется системой геопозиционирования мультикоптера, либо оператором мультикоптера дистанционно.

Канал подачи рабочей жидкости открывается при перемещении клапана 8 в крайнее правое положение путем после подачи напряжения на катушку соленоида 5. При отсутствии напряжения канал для жидкости запирается, поскольку клапан 8 под усилием пружины 22 возвращается в начальную позицию.

В корпус 1 сверху на резьбе закрепляется емкость 10, в которую заливается рабочая жидкость. На емкости 10 с помощью бокового кронштейна 13 устанавливается пневмоаккумулятор 14, который с помощью трубки 15 соединяется с пневморедуктором 16. Последний через трубку 17 создает избыточное давление воздуха в емкости 10. Диапазон давлений выбирается в зависимости от поставленных перед опрыскивающим модулем задач и составляет обычно от 5 до 15 бар.

Опрыскивающим модулем закрепляется на мультикоптере с помощью уголков 12. Питание соленоида 5 и подача на него управляющего сигнала происходят за счет соединения клемм

соленоида с соответствующими контактами источника питания на мультикоптере.

Мультикоптер 19 с закрепленным в его нижней части опрыскивающим модулем 21 управляется как в автоматическом режиме по заложенной программе с контрольными точками опрыскивания, так и оператором, который ориентируется на изображение подвесной камеры 20 (рис. 3).

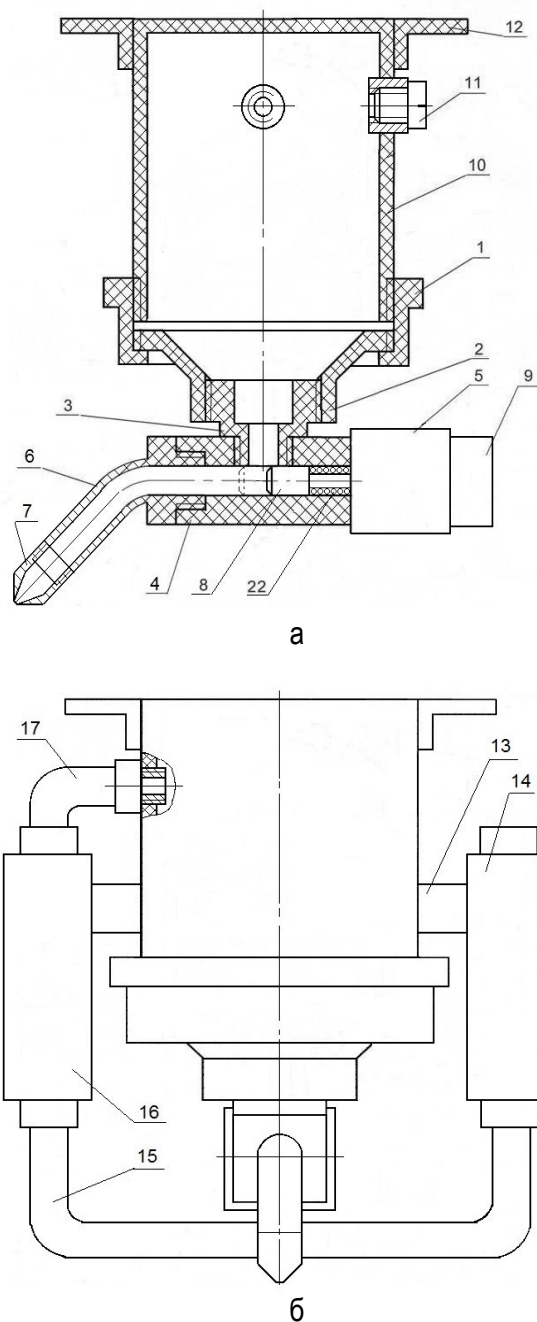


Рис. 2. Устройство для ультрамалообъемного внесения СЗР: а – вид сбоку, в разрезе; б – вид спереди

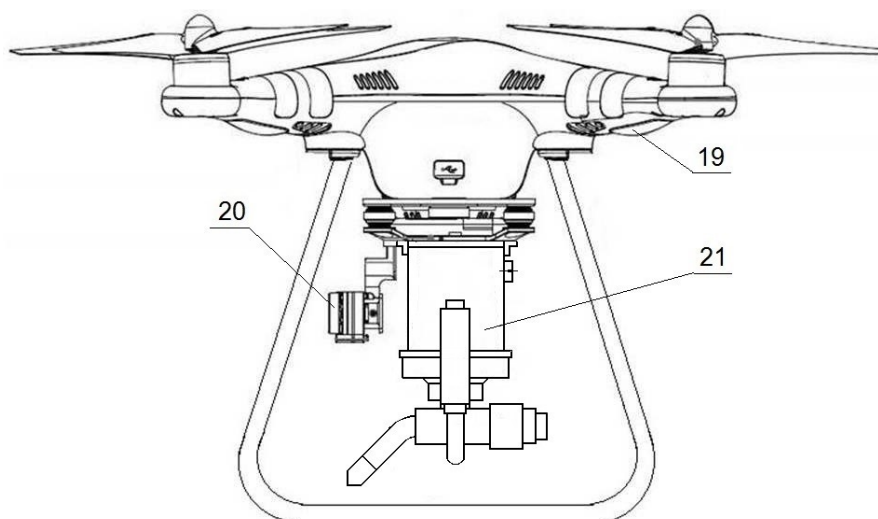


Рис. 3. Общий вид устройства для ультрамалообъемного внесения СЗР, установленного на мультикоптер

Способ ультрамалообъемного внесения СЗР при обработке сельскохозяйственных растений с применением предлагаемого устройства заключается в следующем.

С систему управления полетом мультикоптера загружают программу с траекторией полета и координатами точек обработки опрыскиванием.

Модуль закрепляют на мультикоптере. В емкость 10 заливают рабочую жидкость и закрывают отверстие пробкой 11. Размеры модуля и объем жидкости зависят от грузоподъемности мультикоптера и могут составлять от 0,5 до 2 л.

После открытия клапана на пневмоаккумуляторе 14 воздух через пневморедуктор 16 поступает в верхнюю часть емкости 10. Тем самым в ней создается рабочее избыточное давление.

Перед вылетом в ручном режиме проверяют качество распыла через отверстие сопла 7. Если факел распыла удовлетворяет установленным показателям, то выполняют запуск мультикоптера.

В автоматическом режиме полета система управления мультикоптера на основе данных блока геопозиционирования подает соответствующие команды в заданных точках опрыскивания. В ручном режиме полета сигнал управления подается оператором с пульта дистанционно. Канал с жидкостью открывается при смещении клапана 8 соленоида 5 на величину, соответствующую заданной дозе опрыскивания в установленной точке маршрута. Для прекращения опрыскивания напряжение отключается,

клапан 8 под действием пружины 22 возвращается в начальное, запирая канал.

В процессе полета на основании датчиков количества жидкости в емкости 10 принимается решение о возврате мультикоптера для очередной заправки. Кроме того, если давление в пневмоаккумуляторе 14 опускается ниже установленного уровня, то его заменяют заранее заправленным.

Заключение

Разработанное устройство позволяет реализовать способ ультрамалообъемного опрыскивания растений без их повреждения, точно обработать труднодоступные участки поля с целью ликвидации локальных очагов поражения культур болезнями или вредителями, приводит к существенной экономии дорогостоящих рабочих растворов, снижает вредное экологическое воздействие химических препаратов на почву, исключает излишнее уплотнение почвы, неизбежно возникающее при использовании традиционных технологий.

Библиографический список:

1. Беспилотники в сельском хозяйстве – Текст: электронный // Российские беспилотники. Russian Drones: [сайт]. – URL: <https://russiadrone.ru/publications/bespilotniki-v-selskom-khozyaystve/> (дата обращения: 24.09.2020 г.).
2. Ерошкин, А. В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяй-

стве / А. В. Ерошкин, А. А. Глущенко, Д. М. Марьян. – Текст: непосредственный // В мире научных открытий: материалы Международной студенческой научной конференции (23-25 мая 2017 г.) / Ульяновский гос. аграр. ун-т. им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – Т. V, ч. 1. – С. 160-162.

3. Опрыскивание растений с беспилотников. – Текст: электронный // RoboTrends: [сайт]. – URL: <http://robotrends.ru/robopedia/opryskivanie-rasteniy-s-bespilotnikov> (дата обращения: 22.09.2020 г.).

4. Raparelli E., Bajocco S. (2019). A bibliometric analysis on the use of unmanned aerial vehicles in agricultural and forestry studies. *International Journal of Remote Sensing*. 40 (24): 9070-9083, DOI: 10.1080/01431161.2019.1569793

5. Ксенович, И. П. Ходовая система – почва – урожай / И. П. Ксенович, В. А. Скотников, М. И. Ляско. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 304 с. – Текст: непосредственный.

6. Быков, С. Н. Выбор беспилотного авиационного средства для решения задач дистанционного зондирования и восстановления агроландшафтов / С. Н. Быков, Н. Н. Бережнов. – Текст: непосредственный // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 2. – С. 210-221.

7. Патент 2730640 Россия, МПК А01М 7/00, В64Д 1/18, А01С 15/00. Способ ультрамалообъемного опрыскивания сельскохозяйственных растений и устройство для его осуществления с использованием беспилотных авиационных средств вертолетного типа / Бережнов Н. Н., Быков С. Н. – № 2019136376: заявл. 13.11.2019; опубл. 24.08.2020, Бюл. № 24. – 12 с. – URL: <https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWC1/000/000/002/730/640/%D0%98%D0%97-02730640-00001/document.pdf> (дата обращения: 03.10.2020 г.). – Текст: электронный.

References

1. Беспилотники в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Rossiyskie bespilotniki. Rus-

sian Drones [sayt]. – Rezhim dostupa: <https://russiandrone.ru/publications/bespilotniki-v-selskom-khozyaystve/> (дата обращения 24.09.2020 г.).

2. Eroshkin, A.V. Ispolzovanie bespilotnykh letatelnykh apparatov v selskom khozyaystve / A.V. Eroshkin, A.A. Glushchenko, D.M. Marin // Materialy Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «V mire nauchnykh otkrytiy», Т. V. Ch. 1 (23-25 maya 2017 g.). – Ulyanovskiy. gos. agrar. un-t. im. P.A. Stolypina. – Ulyanovsk, 2017. – S. 160-162.

3. Opрыskivanie rasteniy s bespilotnikov [Elektronnyy resurs] // RoboTrends [sayt]. – Rezhim dostupa: <http://robotrends.ru/robopedia/opryskivanie-rasteniy-s-bespilotnikov> (дата обращения 22.09.2020 г.).

4. Raparelli E., Bajocco S. (2019). A bibliometric analysis on the use of unmanned aerial vehicles in agricultural and forestry studies. *International Journal of Remote Sensing*. 40 (24): 9070-9083, DOI: 10.1080/01431161.2019.1569793

5. Ксенович, И. П. Ходовая система – почва – урожай / И. П. Ксенович, В. А. Скотников, М. И. Ляско. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

6. Быков, С. Н. Выбор беспилотного авиационного средства для решения задач дистанционного зондирования и восстановления агроландшафтов / С. Н. Быков, Н. Н. Бережнов // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 2. – С. 210-221.

7. Способ ультрамалообъемного опрыскивания сельскохозяйственных растений и устройство для его осуществления с использованием беспилотных авиационных средств вертолетного типа [Электронный ресурс]: Пат. 2730640 Россия, МПК А01М 7/00, В64Д 1/18, А01С 15/00 / Бережнов Н. Н., Быков С. Н. – № 2019136376: заявл. 13.11.2019; опубл. 24.08.2020, Бюл. № 24. – 12 с. Режим доступа: <https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWC1/000/000/002/730/640/%D0%98%D0%97-02730640-00001/document.pdf> (дата обращения: 03.10.2020 г.).

