

Тип статьи: научная  
УДК 631.171  
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-5-33-41

## ПОВЫШЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Руслан Адальбиевич Нотов**

Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр РАН»,  
г. Нальчик, Российская Федерация  
notovr@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5855-5963>

**Реферат.** Выполнен анализ и обзор методов решения проблемы непродолжительности полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) сельскохозяйственного назначения. Изучено состояние вопроса о недостаточности продолжительности времени полета и необходимости зарядки дронов для обеспечения полной автоматизации и непрерывности рабочего процесса. Охарактеризованы основные типы и модели аккумуляторных батарей, используемых в БПЛА в качестве источников энергии. В сравнительном аспекте рассматриваются основные способы их заправки. Особое внимание уделяется исследованию преимуществ и недостатков технических решений обозначенной проблемы. Отмечены и описаны такие способы как: использование станции автоматической зарядки беспилотников, проектирование дронов под названием «летающие батареи», применение лазера и электромагнитного поля высокой мощности. Предлагается способ увеличения продолжительности полета беспилотника за счет установки полезной нагрузки и источника питания на сопутствующее транспортное средство (ТС). Рекомендуется обеспечить проводную связь между беспилотником и ТС для зарядки дрона и заправки его химическими жидкостями для опрыскивания культурных растений. Отмечаются такие достоинства как непрерывность подачи энергии на беспилотник от ТС, увеличение длительности опрыскивания без заправки химическими материалами, возможность выполнения дронами разных задач, отсутствие необходимости в дорогостоящих беспилотниках за счет возможности применения двигателей не высокой мощности из-за расположения источников питания на ТС. Для решения обозначенной проблемы предлагается автоматизированное устройство для замены аккумуляторных батарей БПЛА, которое позволит увеличить длительность полета. Данное устройство состоит из двух барабанов для аккумуляторных батарей, в которых установлены подающие пружины, модуля управления, привода вала барабанов и платформы для автоматической смены барабанов и зарядки аккумуляторных батарей.

**Ключевые слова:** беспилотник, сельское хозяйство, дрон, аккумуляторная батарея, автоматическая зарядка.

## INCREASING THE FLIGHT ENDURANCE OF AGRICULTURAL DRONES

**Ruslan Notov**

Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences",  
Nalchik, Russian Federation  
notovr@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5855-5963>

**Abstract.** The analysis and review of methods for solving the problem of short flight duration of unmanned aerial vehicles (UAVs) for agricultural purposes is performed. The state of the issue of insufficient flight time and the need to charge drones to ensure full automation and continuity of the work process is studied. The main types and models of batteries used in UAVs as energy sources are characterized. The main methods of their refueling are considered in a comparative aspect. Particular attention is paid to the study of the advantages and disadvantages of technical solutions to the designated problem. Such methods as: using an automatic charging station for drones, designing drones called

"flying batteries", using a laser and a high-power electromagnetic field are noted and described. A method for increasing the flight duration of a drone by installing a payload and a power source on an accompanying vehicle (TS) is proposed. It is recommended to provide a wired connection between the drone and the TS for charging the drone and refueling it with chemical liquids for spraying crops. The following advantages are noted: continuous power supply to the drone from the vehicle, increased duration of spraying without refueling with chemicals, the ability to perform various tasks by drones, no need for expensive drones due to the possibility of using low-power engines due to the location of power sources on the vehicle. To solve the above problem, an automated device for replacing UAV batteries is proposed, which will increase the flight duration. This device consists of two drums for batteries in which feed springs are installed, a control module, a drum shaft drive, and a platform for automatic drum change and battery charging.

**Keywords:** drone, agriculture, drone, rechargeable battery, automatic charging.

**Для цитирования:** Нотов Р.А. Повышение длительности полета беспилотников сельскохозяйственного назначения // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 71, № 5. С. 33-41. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-33-41>.

**For citation:** Notov R. Increasing the flight duration of agricultural drones. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 71(5): 33-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-33-41>.

**Введение.** Использование дронов в современной жизни растет с каждым годом. Они предназначены для решения разных задач и имеют отличие по типу и модификации. Сама идея разработки БПЛА появилась спустя некоторое время после создания пилотируемых самолетов и вертолетов [1]. В частности, в сельском хозяйстве беспилотники применяются с целью наблюдения за растениями, опрыскивания химическими материалами, контроля посевов, выполнения карт полей, изучения труднодоступных участков сельхозугодий и т.д. [2]. Однако, не смотря на существенные достижения науки в данном направлении, существует ряд вопросов, требующих углубленного изучения.

На сегодняшний день применение БПЛА в сельском хозяйстве для достижения большего эффекта и производительности растениеводства и животноводства представляет собой новое и недостаточно изученное направление, в то время как, сами БПЛА известны уже давно [3]. Их использование обладает массой достоинств: уменьшение затрат времени и материальных ресурсов, точность при выполнении различных работ, допустимость использования в темное время суток и др. [4]. Имеются и определенные недостатки, например, малое время полета.

Обозначенная проблема обусловлена тем, что энергоемкость существующих источников питания, применяемых в беспилотниках низкая, а их двигатели имеют высокое энергопотребление.

Такой недостаток имеют кроме БПЛА и остальные робототехнические устройства, получающие питание от АКБ. Имеется большое количество различных типов источников питания, которое все время увеличивается за счет производства новых и все они обладают преимуществами и недостатками [5,6,7].

В целом проблемам использования дронов в сельском хозяйстве уделяется уже достаточно большое внимание – от общенаучных [8,9] до узкоспециализированных прикладных, связанных, например, с отдельной отраслью сельхозпроизводства [10,11]. Как отмечено в статье Ли Лю и Ким А.А., «эффективность работы сельскохозяйственных дронов зависит от веса фюзеляжа и вспомогательных компонентов. Общее время их автономной работы составляет от 20 до 60 мин. Дальность рабочего пространства варьируется от 0,5 до 15 км в зависимости от модуля связи. БПЛА DMC M200 имеет максимальную нагрузку 2 кг, радиус управления связью составляет 7 км, а максимальное время полета – всего 38 минут, что свидетельствует о недостаточной выносливости дрона с нагрузкой. Например, при низкой нагрузке сельскохозяйственного беспилотника, оснащенного только оборудованием для получения изображений, максимальное время автономной работы составляет, как правило, не более 60 минут. Поскольку БПЛА в

сельскохозяйственной промышленности работают в широком диапазоне, их несущая способность слишком мала, срок службы батареи слишком короткий...» [12].

В данном случае соглашаясь с мнениями ученых нам хотелось бы обратить внимание и на немаловажную роль характеристик АКБ – от его веса, удельной энергии, порогового состояния заряда и т.д. В связи с этим в ходе нашего анализа мы обратились к работе казахских ученых С.К. Тыныбаева, Г.Н. Байсеитова, Д.О. Тойбазарова [13], где представлена таблица, в которой охарактеризованы основные виды аккумуляторов (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики литий – ионных, литий – полимерных, свинцово – кислотных и никель – металлгидридных батарей

Спецификация	Аккумуляторные батареи			
	Литий-ионный Li-Ion	Литий-полимерный Li-pol	Свинцово-кислотный Pb	Никель-металлогидридный Ni-MH
Вес (кг)	2,15	2	10	5,5
Удельная энергия (Вт-ч/кг)	280	280	30-60	60-72
Пороговое состояние заряда	80%	40%	50%	50%
Рабочая температура	-200С...+400С	-200С...+400С	-400С...+400С	-600С...+550С
КПД	100% при 20 - часах работы; 99% при 4 - часах работы; 92% при 1 - часе работы.	-	100% при 20 - часах работы; 80% при 4 - часах работы; 60% при 1 - часе работы.	-
Напряжение (В)	3,2 – 4,2	3,2 – 4,2	2,11 – 2,17	1,2 – 1,25
Экологичность	Да	Да	Нет	Да

Как видно, здесь приводятся технические характеристики литий-ионных, литий-полимерных, свинцово-кислотных и никель-металлогидридных батарей. Рассматривая их, ученые приходят к выводу о том, что свинцово – кислотные и никель – металлгидридные недостаточно эффективны для использования в беспилотниках, при соотношении массы и удельной энергоёмкости. А, сравнивая литий ионные и литий полимерные, они отдают предпочтение первому.

В настоящее время многие НИИ, а также различные компании и специализированные организации занимаются поиском решения проблемы низкой эффективности АКБ. Так, компания Sky Sense работает над созданием инфраструктуры, улучшающей процесс автоматизации работы беспилотников. Ее основная разработка — это станция автоматической зарядки мультироторных БПЛА. Он оснащается универсальным дополнительным оборудованием. На самой платформе, в свою очередь, расположено множество контактов. Как только беспилотник приземляется на данную платформу, автоматически устанавливается контактное электрическое соединение и начинается процесс заряда бортового аккумулятора [14]. Как стало известно из сайта Robogek, «Зарядная площадка Skysense предназначена для зарядки беспилотных летательных аппаратов, которые могут управляться дистанционно, что обеспечивает быструю зарядку и широкую зону посадки, она поддерживает практически все существующие мультикоптеры и другие аппараты вертикального взлета, сможет одновременно заряжать несколько БПЛА» [15]. Также компания производит ангар Skysense, где хранится и заряжается беспилотник в межполётный период. Данные объекты будут первичными системы, требующейся для широкого применения и обеспечения работоспособности дронов. Наряду с этим компания Skysense наладила производство мультикоптеров для профессиональных фотографов. Недостатком данного решения существующей проблемы, малого времени полета беспилотников, является сложность устройства необходимого для реализации, данной идеи оборудования, что безусловно будет повышать ее стоимость.

Кроме того, есть и другие идеи решения проблемы «вынужденной посадки». Американская компания Impossible Aerospace проектирует дроны, под названием «летающие батареи». Разработчики посчитали, что дизайн необходимо проработать с учетом того, что основная масса приходится на аккумуляторную батарею. БПЛА этой компании по сути выполнены из батарей. Вместе с тем, компания разработала двигатели, которые позволили уменьшить общую массу беспилотника. Благодаря чему продолжительность полета без подзарядки составляет около двух часов, что является существенным преимуществом в сравнении с аналогами. Известно, что подобные дроны в настоящее время применяются в различных сферах жизнедеятельности [16]. В качестве основного недостатка этой идеи можно отметить ее достаточно высокую стоимость.

В науке известен способ зарядки беспилотника специализированными системами без вмешательства людей. Преимуществом данного способа является возможность осуществления зарядки дрона в период полета посредством лазера. Лазерные лучи подаются на фотоэлектрический преобразователь беспилотника во время его пребывания в воздухе и тем самым осуществляется подзарядка аккумуляторных батарей. Данный способ увеличивает время полета дрона. Однако в качестве недостатков можно отметить его невысокий КПД, необходимость в отсутствии какой – либо преграды между лазером и БПЛА, а также невозможность применения при неблагоприятных погодных условиях. Кроме того, следует контролировать местонахождение дрона в полете, для наведения на него лазерного луча. В случае наведения лазера на другие цели требуется незамедлительное отключение, поскольку может быть не безопасен для людей. Данная разработка принадлежит российской компании «Оптоэнерготрейд» [17].

Изучению этой проблемы посвящена статья А.А. Симдянкина, С.Н. Борычева, И.А. Успенского, Д.Е. Каширина, И.А. Юхина [18]. Авторами данной работы рассматривается идея размещения полезной нагрузки и источника питания на сопровождающее ТС одного или нескольких беспилотников задействованных для выполнения различных сельскохозяйственных задач на крупных размеров территориях. Для рассматриваемого способа расположения источника питания беспилотник проводами соединяется с ТС. К достоинствам данного способа увеличения продолжительности нахождения беспилотника относят: зависимость продолжительности полета беспилотника только от объемов топлива ТС, зависимость непрерывной подачи химических материалов только от величины резервуара, перевозимой ТС, способность беспилотниками выполнять различные операции, возможность применения более дешевых беспилотников благодаря отсутствию необходимости в двигателях высокой мощности в связи с размещением источников энергии на ТС. Как недостаток данного технического решения можно отметить необходимость в наличии ТС и прицепа для транспортировки опрыскиваемой жидкости, перемещение которых по полю будут приводить к уплотнению почвы. А также увеличивается количество задействованных работников на данной технологической операции, что в конечном итоге повлечет удорожание стоимости выполняемой работы.

Компания Global Energy Transmission (США) для решения данного вопроса предлагает применение электромагнитного поля высокой мощности, которая вырабатывается на специальной станции. Антенна внутри дрона обеспечивает подзарядку энергией электромагнитного поля. При нахождении над станцией пять минут, обеспечивается возможность полета еще на двадцать [19]. Недостатком данного решения является массивность станций и трудоемкость их выстраивания.

Известно, что «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП) разрабатывает автоматизированную систему зарядки малых БПЛА. Для питания дрона будет использоваться беспроводная зарядная станция, сам же принцип передачи энергии основан на технологии магнитно – резонансной индукции, которая позволяет передавать энергию на расстояние до нескольких метров. Также аналогичные разработки проводит компания WiBotic [20]. При снижении уровня заряда у беспилотника мультироторного типа, он через GPS обнаружит подобную станцию и посредством камеры, а также алгоритмов компьютерного зрения идентифицирует ее, затем совершит посадку для подзарядки. Данный процесс не требует участия обслуживающего персонала. Необходимо только задать программу и беспилотник осуществит ее самостоятельно, регулярно возвращаясь на станцию для пополнения заряда аккумуляторной батареи. Отличительной особенностью данной системы в сравнении с существующими являются компактность и надежность. Погрешность при приземлении

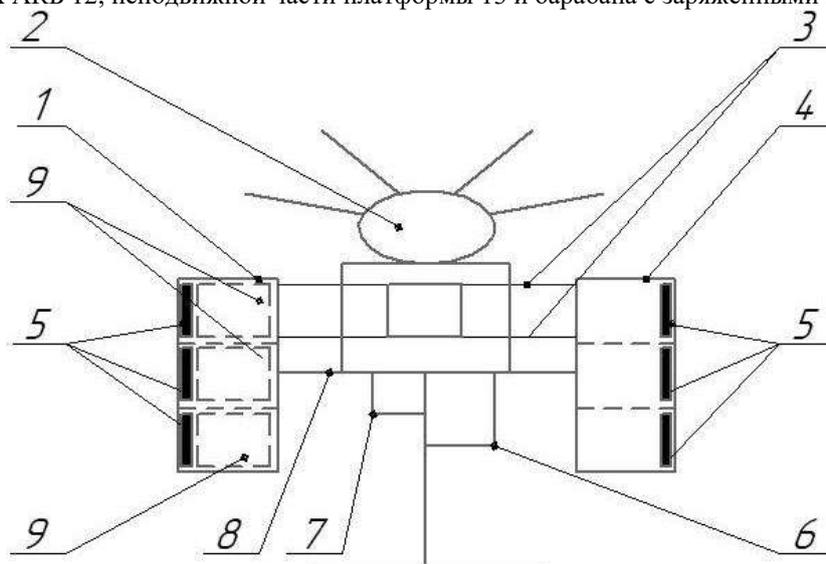
допускается в пределах 10 см. При условии увеличения размеров станции обеспечивается возможность подзарядки двух и более беспилотников сразу. Подобная система имеет КПД до 80 %, когда КПД при применении лазерного луча составляет приблизительно 10 %. В результате передачи энергии дистанционно устраняется необходимость в наличии различных контактов, которые могут быть подвержены окислительным процессам. Вследствие чего уменьшается воздействие климатических условий и повышается износостойкость. Зарядная станция может работать от электросети и аккумулятора при отсутствии возможности подключения к сети. Также можно осуществлять подзарядку станции солнечной энергией при наличии солнечной панели.

Таким образом, выполненный анализ существующих способов решения проблемы малого времени полета беспилотников показал, что основными их недостатками являются сложность устройства необходимого оборудования для реализации идеи, а также ее дороговизна. Актуальность данной статьи определяется в необходимости разработки компактного автоматического устройства с невысокой стоимостью для повышения длительности полета БПЛА.

Цель исследований – повышение длительности полета беспилотников путем разработки автоматизированного устройства для замены аккумуляторных батарей БПЛА, состоящего из двух барабанов, в которых установлены подающие пружины, модуля управления, привода вала барабанов и платформы для автоматической смены барабанов и зарядки аккумуляторных батарей.

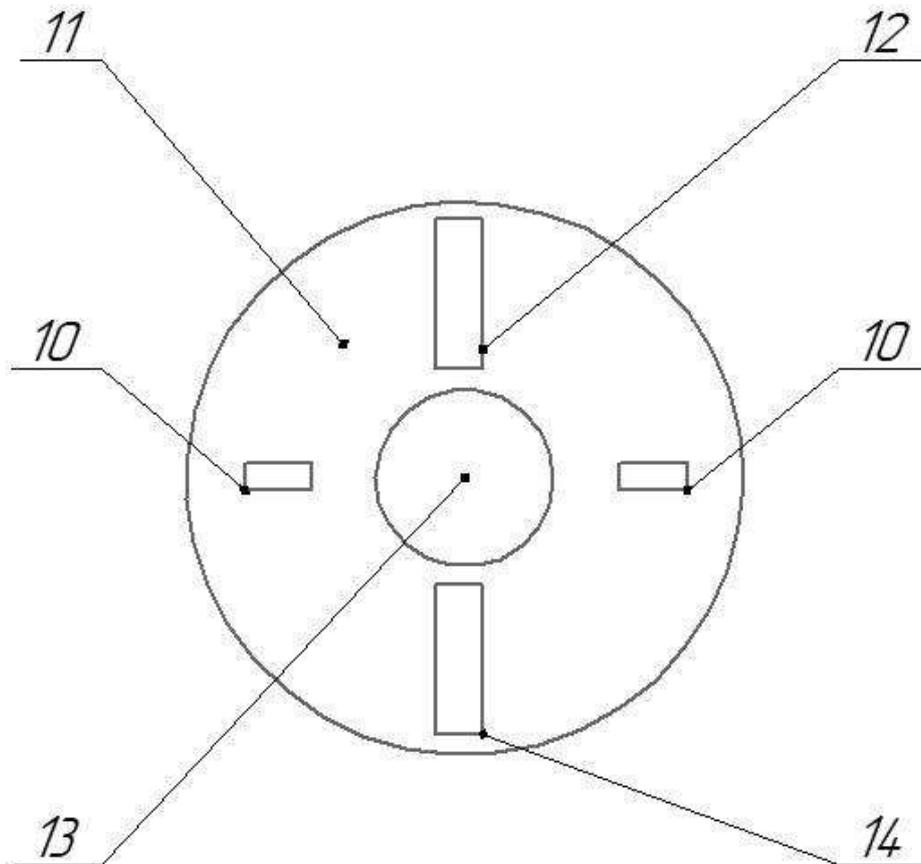
**Материалы и методы.** При изучении данного вопроса основными методами исследований являлись патентный поиск и анализ теоретической литературы, посвященной этой проблеме. Рассмотрены существующие виды БПЛА, способы зарядки и различные пути увеличения продолжительности их полета. При разработке автоматизированного устройства для замены АКБ БПЛА применялись известные методы проектирования промышленных роботов [21].

**Результаты и обсуждение.** Для увеличения продолжительности полета дронов нами предлагается автоматизированное устройство для замены АКБ (рисунок 1) в режиме полета, которое состоит из основного устройства, размещаемого на БПЛА и платформы для автоматической смены барабанов и зарядки АКБ (рисунок 2). Основное устройство включает в себя барабан с заряженными АКБ 1, направляющие АКБ 3, барабан для разряженных АКБ 4, привод вала барабанов 7, модуль управления 6, вал привода барабанов 8, подающие пружины 5, заряженные АКБ 9. Платформа для автоматической смены барабанов и зарядки АКБ состоит из механизмов отсоединения барабанов 10, вращающейся части платформы 11, барабана для разряженных АКБ 12, неподвижной части платформы 13 и барабана с заряженными АКБ 14.



1 – барабан с заряженными АКБ; 2 – беспилотник; 3 – направляющие АКБ; 4 – барабан для разряженных АКБ; 5 – подающие пружины; 6 – модуль управления; 7 – привод вала барабанов; 8 – вал привода барабанов; 9 – заряженные АКБ

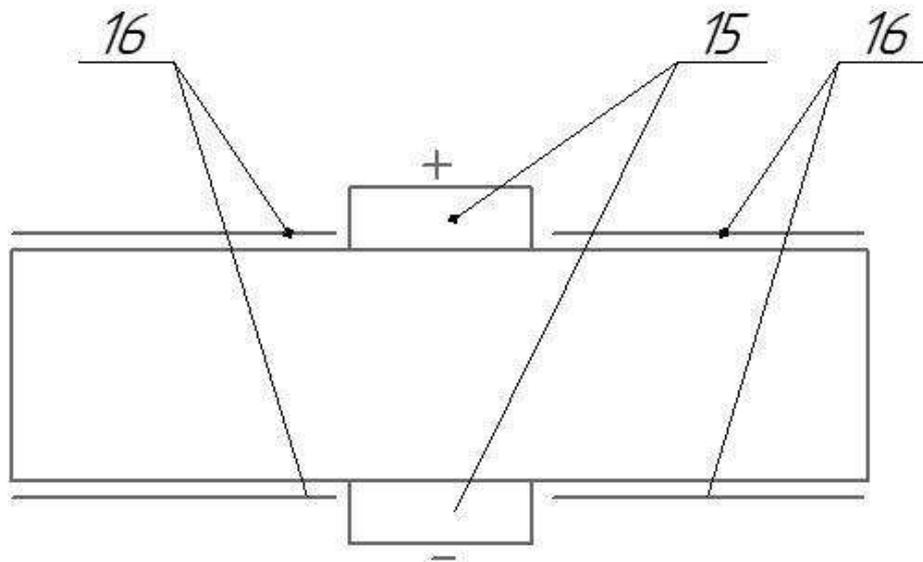
Рисунок 1 – Схема автоматизированного устройства для замены АКБ БПЛА



10 – механизмы отсоединения барабанов; 11 – вращающаяся часть платформы; 12 – барабан для разряженных АКБ; 13 – неподвижная часть платформы; 14 – барабан с заряженными АКБ  
Рисунок 2 – Схема платформы для автоматической смены барабанов и зарядки АКБ

Принцип действия. Барабаны 1,4 вращаются синхронно от вала 8 привода 7 на заданный угол через необходимый промежуток времени равный длительности работы одной АКБ. Заряженная батарея 9 подающей пружиной 5 по направляющим 3 поступает в корпус беспилотника 2, одновременно израсходовавшая свой заряд батарея направляется в полость барабана 4 для разряженных АКБ. При разрядке всех аккумуляторных батарей в барабане 1 дрон 2 совершает посадку на платформу для автоматической смены барабанов и зарядки АКБ. После посадки беспилотника 2 срабатывают механизмы отсоединения барабанов 10 после чего вращающаяся часть платформы 11 поворачивается на угол равный  $90^\circ$  и осуществляется установка второго комплекта барабанов 12, 14 с заряженными АКБ на беспилотник 2. Для того чтобы избежать замыкания при смене одного комплекта барабанов на другой контакты 15 аккумуляторных батарей (рисунок 3) должны быть выведены в верхнюю и нижнюю стороны. Также для предотвращения перебоя питания и падения беспилотника в момент смены АКБ ее стороны, контактирующие с направляющими 3, покрыты металлическими элементами 16, через которые осуществляется питание дрона 2 энергией еще до установки этой батареи в корпус беспилотника.

Данная разработка является оригинальным решением проблемы. Устройство отличается от существующих низкой ценой, легкостью установки и снятия на беспилотники и особенностями конструкции барабанов, а также платформы для автоматической смены барабанов и зарядки АКБ.



15 – контакты АКБ; 16 – металлические элементы

Рисунок 3 – Схема аккумуляторной батареи

**Выводы.** Таким образом, одним из приоритетных направлений науки в области сельскохозяйственной робототехники является разработка системы для обеспечения непрерывности работы роботизированных машин. На основании проведенного анализа можно констатировать, что на сегодняшний день учеными разрабатываются различные способы решения данной проблемы.

Предложено автоматизированное устройство, которое позволит увеличить время нахождения беспилотника в воздухе, что в свою очередь будет способствовать повышению его экономической эффективности.

#### Список источников

1. Лысенкова, С.Н. Беспилотники в сельском хозяйстве / С.Н. Лысенкова, К.В. Исаев // Вестник образовательного консорциума среднерусский университет. Информационные технологии. – 2022.-№2 (20). – С. 12-15.
2. Шевченко, А.В. Обзор состояния мирового рынка робототехники для сельского хозяйства. Ч.2. Беспилотные летательные аппараты и роботизированные фермы / А.В. Шевченко, Р.В. Мещеряков, А.Н. Мигачев // Проблемы управления. – 2019. - №6. – С. 3-10.
3. Бовгира, А.П. Использование мультироторных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / А.П. Бовгира, Е.А. Рыбалкин // Материалы III международной научно-практической конференции. Научный потенциал молодежи и технический прогресс. Санкт-Петербург: Индивидуальный предприниматель Жукова Елена Валерьевна, 2020. – С. 12-14.
4. Припоров, И.Е. Перспективы внедрения беспилотных летательных аппаратов в сельское хозяйство для химической обработки растений / И.Е. Припоров, Р.П. Богданов, П.В. Аленин, М.Х. Аушев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. - №3 (101). С. 191 – 195.
5. A comprehensive review of energy sources for unmanned aerial vehicles, their shortfalls and opportunities for improvements / A. Townsend, I. N. Jiya, C. Martinson, D. Bessarabov, R. Gouws // Heliyon. 2020. V. 6. e05285. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)32128-9.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)32128-9.pdf)
6. Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA / D. Bresser, K. Hosoi, D. Howell, H. Li, H. Zeisel, K. Amine, S. Passerini // Journal of Power Sources. 2018. V. 382. P. 176-178.
7. Franco A. A. Rechargeable Lithium Batteries. From Fundamentals to Applications // 1st Edition. 2015. 412 p.

8. Зубарев, Ю.Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, А.Н. Чашин, М.В. Заболотнова // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2019. - № 2. С. 47 – 51.
9. Automatic control system of an unmanned aerial vehicle // К. О. Gabuev, V. O. Gongalo, N. A. Kucherenko, A. I. Shipko // Automation of technological and business processes. 2017. Vol. 10. Is. 4. P. 57-62. <http://www.atbp.onaft.edu.ua/>
10. Бестаева, Н.В. Исследование систем мониторинга в сельскохозяйственной сфере / Н.В. Бестаева, Дж.К. Султангалиева, А.Д. Зубова // Научный результат. Информационные технологии. – 2018. - Т. 3. № 1. С. 19 – 24.
11. Панкин, М.И. Высокие технологии в виноградарстве / М.И. Панкин, О.Л. Сегет // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2019. - Т. 24. С. 83 – 86.
12. Лю, Л. Применение дронов в сельском хозяйстве Китая / Л. Лю, А.А. Ким // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2019. - №4. С. 54 – 61.
13. Тыныбаев, С.К. Оценка и выбор источников питания беспилотных летательных аппаратов / С.К. Тыныбаев, Г.Н. Байсеитов, Д.О. Тойбазаров // E-SCIO. – 2020. - № 4 (43). С. 458 – 465.
14. Энергия по воздуху: все способы зарядить дрон [Электронный ресурс] - URL: <https://21mm.ru/news/tehnologii/energiya-po-vozdukhu-vse-sposoby-zaryadit-dron/> (дата обращения 06.07.2024)
15. Берлинская Skysense выпускает сервисное оборудование для беспилотных аппаратов [Электронный ресурс] - URL: <https://robogeek.ru/letayuschie-roboty/berlinskaya-skysense-vypuskaet-servisnoe-oborudovanie-dlya-bespilotnyh-apparatov/> (дата обращения 05.07.2024)
16. Дрон, летающий вчетверо дольше конкурентов // Инновационный вестник. – 2018. - №3. С. 22. [Электронный ресурс] - URL: [https://mil.ru/files/morf/%D0%98%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_3\\_2018.pdf](https://mil.ru/files/morf/%D0%98%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_3_2018.pdf) (дата обращения 05.07.2024)
17. В России разработали метод непрерывной зарядки дронов с помощью лазера [Электронный ресурс] - URL: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2018/12/10/v-rossii-razrabotali-metod-nepregrvnoy-zaryadki-dronov-s-pomoschyu-lazera.aspx> (дата обращения 05.07.2024)
18. Симдянкин, А.А. Повышение энергоэффективности дронов в сельскохозяйственном производстве / А.А. Симдянкин, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Д.Е. Каширин, И.А. Юхин // Известия НВ АУК. – 2022. - №1 (65). С. 380-390. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-37.
19. Беспроводная энергетическая сеть [Электронный ресурс] - URL: <https://getcorp.com/> (дата обращения 06.07.2024)
20. Онлайн журнал о дронах [Электронный ресурс] - URL: [https://dronomania.ru/news/wibotic-powerpad-pervaya-avtonomnaya-besprovodnaya-zaryadnaya-ploshhadka-dlya-bpla.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F/](https://dronomania.ru/news/wibotic-powerpad-pervaya-avtonomnaya-besprovodnaya-zaryadnaya-ploshhadka-dlya-bpla.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F/) (дата обращения 06.07.2024)
21. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. СПб.: Лань, 2012. 608 с.

#### References

1. Lysenkova, S.N. Drones in agriculture / S.N. Lysenkova, K.V. Isaev // Bulletin of the educational consortium Central Russian University. Information technology. – 2022.-№2 (20). – Pp.12-15.
2. Shevchenko, A.V. Overview of the state of the world market of robotics for agriculture. Part 2. Unmanned aerial vehicles and robotic farms / A.V. Shevchenko, R.V. Meshcheryakov, A.N. Migachev // Problems of management. – 2019. - No.6. – Pp. 3-10.
3. Bovgira, A.P. The use of multicopter aircraft in agriculture / A.P. Bovgira, E.A. Rybalkin // Materials of the III International scientific and practical conference. Scientific potential of youth and technological progress. St. Petersburg: Individual entrepreneur Zhukova Elena Valeryevna, 2020. – pp. 12-14.
4. Priporov, I.E. Prospects for the introduction of unmanned aerial vehicles into agriculture for chemical processing of plants / I.E. Priporov, R.P. Bogdanov, P.V. Alenin, M.H. Aushev // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. – 2023. - №3 (101). Pp. 191 – 195.

5. A comprehensive review of energy sources for unmanned aerial vehicles, their shortfalls and opportunities for improvements / A. Townsend, I. N. Jiya, C. Martinson, D. Bessarabov, R. Gouws // *Heliyon*. 2020. V. 6. e05285. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)32128-9.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)32128-9.pdf)
6. Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA / D. Bresser, K. Hosoi, D. Howell, H. Li, H. Zeisel, K. Amine, S. Passerini // *Journal of Power Sources*. 2018. V. 382. P. 176-178.
7. Franco A. A. *Rechargeable Lithium Batteries. From Fundamentals to Applications* // 1st Edition. 2015. 412 p.
8. Zubarev, Yu.N. The use of unmanned aerial vehicles in agriculture / Yu.N. Zubarev, D.S. Fomin, A.N. Chashchin, M.V. Zabolotnova // *Bulletin of the Perm Federal Research Center*. – 2019. - No. 2. pp. 47-51.
9. Automatic control system of an unmanned aerial vehicle // K. O. Gabuev, V. O. Gongalo, N. A. Kucherenko, A. I. Shipko // *Automation of technological and business processes*. 2017. Vol. 10. Is. 4. P. 57-62. <http://www.atbp.onaft.edu.ua/>
10. Bestaeva, N.V. Research of monitoring systems in the agricultural sector / N.V. Bestaeva, J.K. Sultangaliyeva, A.D. Zubova // *Scientific result. Information technology*. - 2018. - Vol. 3. No. 1. pp. 19-24.
11. Pankin, M.I. High technologies in viticulture / M.I. Pankin, O.L. Seget // *Scientific works of the SKFNTSSVV*. – 2019. - Vol. 24. pp. 83-86.
12. Liu, L. The use of drones in agriculture in China / L. Liu, A.A. Kim // *The territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service*. – 2019. -No. 4. pp. 54-61.
13. Tynybaev, S.K. Evaluation and selection of power sources for unmanned aerial vehicles / S.K. Tynybaev, G.N. Baiseitov, D.O. Toibazarov // *E-SCIO*. – 2020. - № 4 (43). Pp. 458-465.
14. Energy by air: all ways to charge a drone [Electronic resource] - URL: <https://21mm.ru/news/tehnologii/energiya-po-vozdukhu-vse-sposoby-zaryadit-dron/> (accessed 07/06/2024)
15. Berlin-based Skysense produces service equipment for unmanned vehicles [Electronic resource] - URL: <https://robogeeek.ru/letayushchie-roboty/berlinckaya-skysense-vypuskaet-servisnoe-oborudovanie-dlya-bespilotnyh-apparatov/> (accessed 07/05/2024)
16. A drone flying four times longer than competitors // *Innovative Bulletin*. – 2018. - No.3. p. 22. [Electronic resource] - URL: [https://mil.ru/files/morf/%D0%98%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_3\\_2018.pdf](https://mil.ru/files/morf/%D0%98%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_3_2018.pdf) (accessed 05.07.2024)
17. In Russia, a method of continuous charging of drones using a laser has been developed [Electronic resource] - URL: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2018/12/10/v-rossii-razrabotali-metod-nepreryvnoy-zaryadki-dronov-s-pomoschyu-lazera.aspx> (accessed 05.07.2024)
18. Simdyankin, A.A. Improving the energy efficiency of drones in agricultural production / A.A. Simdyankin, S.N. Borychev, I.A. Uspensky, D.E. Kashirin, I.A. Yukhin // *Izvestia NV AUK*. – 2022. - №1 (65). Pp. 380-390. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-37.
19. Wireless energy network [Electronic resource] - URL: <https://getcorp.com/> (accessed 07/06/2024)
20. Online magazine about drones [Electronic resource] - URL: [https://dronomania.ru/news/wibotic-powerpad-pervaya-avtonomnaya-besprovodnaya-zaryadnaya-ploshhadka-dlya-bpla.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F/](https://dronomania.ru/news/wibotic-powerpad-pervaya-avtonomnaya-besprovodnaya-zaryadnaya-ploshhadka-dlya-bpla.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F/) (accessed 07/06/2024)
21. Lukinov A.P. *Designing mechatronic and robotic devices*. St. Petersburg: Lan, 2012. 608.

#### Информация об авторах

Р.А. Нотов - кандидат технических наук.

#### Information about the authors

R. Notov - Candidate of Technical Sciences.

Поступила в редакцию (Received): 12.09.2024 Принята к публикации (Accepted): 16.10.2024