«Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: scherbakov78@yandex.ru.

Лазин Павел Сергеевич – кандидат технических наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: lazinpavel@mail.ru.

Ведищев Сергей Михайлович – доктор технических наук, доцент доктор технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: serg666_65@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Zavrazhnov Anatoly – Academician of the Russian Academy of Sciences, Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk State Agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Scherbakov Sergey – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk state agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: scherbakov78@yandex.ru.

Lazin Pavel – Candidate of Technical Sciences of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk state agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: lazinpavel@mail.ru.

Vedischev Sergey – Full Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: serg666_65@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 23.03.2020 Принята к публикации (Accepted): 10.06.2020

УДК 631.34

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-3-31-40

БЕСПИЛОТНЫЕ МАШИНЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

¹Балабанов Виктор Иванович

²Елесеов Владимир Викторович

¹Солдатов Павел Дмитриевич

¹Бабанский Иван Владимирович

¹Романенкова Мария Сергеевна

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

²ООО «РОБОПРОБ»

Реферат: Дан обзор применения беспилотных машин в сельском хозяйстве в целях проведения мониторинга состояния почвы и посевов, дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений. Определены качественные показатели различных типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и почвенных пробоотборников, обсуждаются их достоинства и недостатки. Выбор типа применяемой беспилотной техники и её техническое оснащение напрямую зависят от решаемых задач и рентабельности его применения. Показано, что мультиспектральная съемка с помощью БПЛА с координатной привязкой до нескольких сантиметров, позволяет получить множество вегетационных индексов - NDVI, PVI, WDI в реальном масштабе времени. Анализ информации о состоянии посевов и электронных карт полей позволяет сельхозпроизводителю принимать решение о необходимости проведения агротехнологических работ, месте и объеме их проведения. В соответствии с принятым решением, программным методом формируется алгоритм проведения работ преобразуемый в программу, именуемую «файлом предписаний». Приведены показатели экономической эффективности для данных беспилотных систем, что подчеркивает их рентабельность. Использование автоматических пробоотборников позволит достичь повышения качества

почвенных проб, снизить уровень погрешности в определении точки взятия проб до 10 % и менее, результаты определения характеристик проб до 5-8% и повысить производительность труда в 5-10 раз, а также практически исключить влияние человеческого фактора и обеспечить малые трудозатраты. В следствие чего себестоимость анализа и отбора проб не будет превосходить 100-150 рублей при рыночной цене от 1000 руб.

Ключевые слова: сельское хозяйство, мониторинг посевов, фенотипирование, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), автоматический пробоотборник, информатизация, точное земледелие, дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений.

UNMANNED VEHICLES AND THEIR APPLICATION IN AGRICULTURE

¹Balabanov Victor

²Eleseev Vladimir

¹Soldatov Pavel

¹Babansky Ivan

¹Romanenkova Maria

¹FSBEI HE "Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy"

²LLC "ROBOPROB"

Abstract. A review of the use of unmanned vehicles in agriculture in order to monitor the condition of the soil and crops, the differential application of fertilizers and plant protection products is given. The qualitative indicators of various types of unmanned aerial vehicles (UAVs) and soil samplers are determined, their advantages and disadvantages are discussed. The choice of the type of unmanned equipment used and its technical equipment directly depend of the tasks to be solved and the profitability of its application. It is shown that multispectral imaging using UAVs with a coordinate reference of up to several centimeters allows you to get many vegetation indices - NDVI, PVI, WDI in real time. Analysis of information on the condition of crops and electronic field maps allows the farmer to make a decision on the need for agricultural work, the place and amount of their implementation. In accordance with the decision, a program method is used to form an algorithm for the work that is transformed into a program called a "prescription file". Economic efficiency indicators for these unmanned systems are presented, which emphasizes their profitability. The use of automatic samplers will allow to improve the quality of soil samples, reduce the level of error in determining the point of sampling to 10 % or less, determine the characteristics of samples to 5-8% and increase labor productivity by 5-10 times, and also virtually eliminate the influence of the human factor and ensure low labor costs. As a result, the cost of analysis and sampling will not exceed 100-150 rubles at a market price of 1000 rubles.

Keywords: agriculture, crop monitoring, phenotyping, unmanned aerial vehicle (UAV), automatic sampler, informatization, precision farming, differential application of fertilizers and plant protection products.

Основная часть. Возрастающая численность населения Земли за последнее десятилетие создаёт ситуацию дефицита производимой сельскохозяйственной продукции. По оценке продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), к 2050 году население на планете достигнет – 9,6 млрд. человек, то есть станет на треть больше, чем сегодня. Следовательно, возникнет необходимость значительного увеличения продукции, производимой сельскохозяйственными предприятиями [1-7].

К основным факторам, влияющим на рост производительности в сельском хозяйстве, можно отнести способ организации производства, уровень механизации и степень внедрения инновационных технологий [1-7].

Современный агропромышленный комплекс работает по тем же принципам, что и любой бизнес, при постоянном стремлении снижать себестоимость единицы продукции с повышением производительности в расчёте на единицу затратных ресурсов. На протяжении всего XX века достигать этих целей позволял классический инструментарий: энергоёмкие сельскохозяйственные машины, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур, эффективные методы ухода (удобрения, регуляторы роста) и оптимальные агротехнические приемы. Сегодня эти инструменты

по-прежнему актуальны, но их потенциал практически достиг предела, возможного при современном уровне агротехнологий. В настоящее время появились новые инструменты, в частности спутниковые и компьютерные технологии, ставшие общедоступными. Их освоение и внедрение в сельское хозяйство привело к созданию точного земледелия [6-10].

Точное хозяйствование, в совокупности с использованием передовых технологий и решений для увеличения производительности, позволило максимизировать урожайность и минимизировать потери за счет сбора и анализа данных в реальном времени, а также оптимизации механизма управления сельскохозяйственными машинами различного назначения. [6-10]

По данным журнала «MARKETS AND MARKETS» совокупный объем продаж на мировом рынке цифровых технологий в сельском хозяйстве, вырастет с 13.7 млрд. в 2015 году до 26.8 млрд. долларов США в 2020 году, что составит 14.3 % годового роста объема продаж. Это лишний раз подчеркивает заинтересованность сельхозпроизводителей во внедрении цифровых технологий в своей деятельности. [8]

Целью данной статьи является обзор применения цифровых технологий в интересах автоматизации процессов управления машинами сельскохозяйственного назначения.

В соответствии с ГОСТ Р 56084-2014, координатное (точное) земледелие – это совокупность технических средств, программно-аппаратных комплексов, навигационных, геоинформационных и телекоммуникационных технологий, позволяющих снимать, обрабатывать и применять информацию, привязанную к координатам, с целью оптимизации агротехнологических решений производства продукции растениеводства.

Исходя из определения, точное земледелие включает в себе большое количество различных элементов и этапов, которые логически можно разделить на мониторинг сельскохозяйственных угодий, анализ полученной информации в целях принятия решения по повышению производительности и выполнение решений (проведение агротехнологических работ) в интересах увеличения урожайности и минимизации потерь [6-10].

Развитие современных технологий, таких как глобальные системы спутникового позиционирования, геоинформационные системы, системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники, системы сбора информации о составе и плодородии почвы и т.д. позволило создать широкий спектр беспилотных машин. Среди них БПЛА позволяющие произвести мониторинг площади посадки и состояния роста урожая, а также его биологические и физические свойства. Роботизированные комбайны, имеющие более высокую точность, чем механизатор человек, а также возможность идентифицировать различные препятствия, представляющие опасность для сельскохозяйственной техники (столбы, камни, линии электропередач и т.д.), в любое время суток и при любых погодных условиях. Применение роботизированных оросительных комплексов и дождевальных машин с дифференцированным поливом, позволило в значительной мере сократить затраты оросительной воды и затрат энергоресурсов на ее доставку.

В свою очередь применение тех или иных систем и технологий, беспилотных или роботизированных комплексов, на прямую зависит от решаемых ими задач и рентабельности их применения.

Одним из перспективных направлений в точном земледелии является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) (рисунок 1).

К целевым возможностям применения в сельском хозяйстве БПЛА можно отнести: инвентаризацию сельхозугодий, создание электронных карт полей, оценку объема работ и контроль их выполнения, оперативный мониторинг состояния посевов, оценку всхожести сельскохозяйственных культур.

Основные типы БПЛА используемые в сельском хозяйстве, по своему построению, разделяют на коптерные беспилотники, вертолеты, дирижабли и самолеты.

Все перечисленные типы БПЛА имеют свои достоинства и недостатки, и выбираются исходя из решаемых задач и имеющегося бюджета [11-20].

Коптерные беспилотники обладают возможностью вертикального взлета и посадки, способностью зависания над конкретной географической точкой и имеют низкую стоимость. К недостаткам таких БПЛА можно отнести малую дальность и короткое время полета, чувствительность к погодным условиям и низкую полезную нагрузку.

Рисунок 1 – Применение БПЛА для мониторинга сельскохозяйственных посевов на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

По сравнению с коптерными, БПЛА вертолетного типа обладают большим временем и дальностью полета. Имеют более высокую полезную нагрузку. В свою очередь они так же зависимы от погодных условий, имеют относительно высокую стоимость производства и эксплуатации.

Дирижабли обладают возможностью вертикального взлета и посадки, высокой полезной нагрузкой и длительным временем полета. Однако их медлительность, большие геометрические размеры, плохая устойчивость в ветреную погоду и относительно высокая стоимость значительно ограничивают круг решаемых ими задач и сильно уступают коптерным БПЛА и БПЛА вертолетного типа.

БПЛА самолетного типа имеют высокую скорость и большую дальность полета, относительно высокую полезную нагрузку. Однако их неспособность зависать в конкретной геоточке и отсутствие вертикального взлета и посадки также ограничивают их применение.

Качественные показатели различных типов БПЛА представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Качественные показатели различных типов БПЛА

Показатели	Типы БПЛА			
	Коптер	Вертолет	Самолет	Дирижабль
Модель	DJIS1000+	AXH-E230	Bat-3	CB3000
Относительная цена	низкая	средняя	средняя	высокая
Вес ЛА, кг	6	15	56	300
Полезная нагрузка, кг	7	15	9	10
Скорость, м/с	12	23	33	15
Высота, м	500	3000	3000	125

С целью выполнения таких работ, как фенотипирование агрокультур, БПЛА могут быть оснащены цифровыми камерами, мультиспектральными камерами, инфракрасными тепловыми камерами или тепловизорами, гиперспектральными камерами и радиолокаторами с синтезированной апертурой. Оптимальный набор информационных датчиков определяется исходя из решаемых задач и возможностей БПЛА по полезной нагрузке и точности координатно-временных определений своего места положения (рисунок 2).

Рисунок 2 – Полетное задание БПЛА над Полевой опытной станцией РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Применение БПЛА с мультиспектральными датчиками, за счет использования спектральных характеристик в видимом и не видимом диапазоне волн, позволяет произвести мониторинг площади посадки и состояния роста урожая, а также его биологические и физические свойства. Также получение и обработка информации от мультиспектральных камер позволяет оценить состояние почв, наличие и состояние сорной растительности в ранний период вегетации, содержание воды и хлорофилла, концентрацию азота в листьях выращиваемой агрокультуры. Подобная информация позволяет произвести прогноз урожайности и создать электронную карту полей для своевременного и дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений [11-22].

При помощи мультиспектральной съемки формируется композитное изображение исследуемых сельхозугодий с достаточно точной, до нескольких сантиметров, координатной привязкой, что в свою очередь позволяет получить множество вегетационных индексов – NDVI, PVI, WDI и другие, отражающие различные качественные и количественные показатели в реальном масштабе времени [7].

Также основой для получения высоких урожаев является картограмма плодородия почвы. Отбор проб с каждого поля осуществляется по сетке, узлы которой заданы с определенной частотой и благодаря системе навигации имеют точные координатные привязки. Сетка для автоматического отбора проб задается строго в соответствии с площадью захвата, и шаг может составлять от сотых долей, до нескольких квадратных метров. После получения агрохимических показателей почвы может быть составлена контурная карта распределения почвенных свойств. Составление подобных карт является основой технологии дифференцированного внесения удобрений.

Мониторинг плодородия почвы предполагает отбор проб различных участков поля и проводится двумя способами: контактным и безконтактным, но чаще используется контактный метод. Плодородие почвы определяется такими показателями, как агрохимические свойства, содержание макро- и микроэлементов, наличие токсичных веществ и бактериологический состав. Для сбора образцов используются автоматические почвенные пробоотборники (рисунок 3) и стационарные пробоотборники, которые устанавливаются на различные средства передвижения, от тракторов, до четырехколесных мотоциклов. Транспорт оснащается GPS-приемником и мобильным компьютером, что позволяет получать координаты точек взятия проб во время выполнения работ [10-13]. Качественные показатели моделей пробоотборников представлены в таблице 2.

Рисунок 3 – Автоматический почвенный пробоотборник компании RoboPROB.

Отбор проб почвы проводится без участия человека, глубина отбора почвенных образцов составляет до 30 см. Место взятия пробы фиксируется с помощью системы навигации, таким образом, каждый образец почвы маркируется уникальными координатами местоположения. В отсутствие покрытия поля мобильной связью данные фиксируются на магнитном накопителе и передаются в информационное облако после появления связи. После взятия всех проб на участке, образцы почвы доставляются в лабораторию, где проводится исследование агрохимических свойств почвы. По требованиям ГОСТ рекомендуется проводить агрохимическое обследование грунта каждые 5 лет, однако экономически оправданно проведение ежегодного обследования по зонам почвенного плодородия каждый сезон и по сетке элементарных участков не реже 1 раза в 5 лет [11-12].

Таблица 2 – Качественные показатели моделей пробоотборников

Показатели	Модели пробоотборников				
	Wintex 1000	N 2005	AutoProb	Falcon	RoboPROB
Количество проб без подзарядки	1	1	Вручную, неогранич.	12	36
Упаковка и маркировка	Вручную	Вручную	Вручную	Вручную	Автоматизированная
Проб/час	10-12	8-10	60	30	30
Стоимость 1 пробы, руб.	32,2	43,8	47,9	77,9	10,4
Цена, тыс. руб.	1 300	1 500	10 785	8 852	1 200
Стоимость владения, тыс. руб	310	350	2 300	1 870	250

На основании тщательного анализа полученной информации о состоянии посевов и электронных карт полей, сельхоз производитель принимает решение о необходимости проведения агротехнологических работ, месте и объеме их проведения. В соответствии с принятым решением, программным методом формируется алгоритм проведения работ преобразуемый в программу, именуемую «файлом предписаний» [8-10].

Подобная технология позволяет сельхозпроизводителям применять в своей работе системы дифференцированного внесения удобрений. То есть разбрасыватель, установленный на сельхозтехнике, действуя в соответствии с файлом предписаний, вносит различное количество удобрений на различных участках посевов, это не только позволяет значительно сократить расход удобрений, но и снизить негативные последствия от чрезмерного «перекармливания» посевов, что в конечном итоге повышает урожайность и удешевляет стоимость производственного процесса [7, 10, 16, 20].

Помимо возможности дифференцированного внесения удобрений или средств защиты растений, подобная технология позволяет заблаговременно обнаружить очаги воздействия различных вредителей или болезней, что в свою очередь позволит принять своевременные меры для минимизации или полного исключения негативных последствий.

В качестве исполнителя файла предписаний могут выступать различные машины сельскохозяйственного назначения, оснащенные различными геоинформационными и телекоммуникационными системами и системами на основе искусственного интеллекта. Подобные системы дают возможность решать широкий спектр задач агротехнологических работ, без участия человека и как следствие использования ручного труда.

Развитие современных технологий, таких как глобальные системы спутникового позиционирования, геоинформационные системы, системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники, системы сбора информации о составе и плодородии почвы и т.д. позволило создать широкий спектр беспилотных машин.

Среди них БПЛА позволяющие произвести мониторинг площади посадки и состояния роста урожая, а также его биологические и физические свойства. Роботизированные комбайны, имеющие более высокую точность, чем механизатор человек, а также возможность идентифицировать различные препятствия, представляющие опасность для сельскохозяйственной техники (столбы, камни, линии электропередач и т.д.), в любое время суток и при любых погодных условиях. Применение роботизированных оросительных комплексов и дождевальными машин с дифференцированным поливом, позволило в значительной мере сократить затраты оросительной воды и затрат энергоресурсов на ее доставку [16].

В качестве одного из примеров применения роботизированной сельскохозяйственной техники можно рассмотреть беспилотные комбайны, применяемые для уборки зерна. Геоинформационное оборудование таких машин позволяет им выдерживать направление движения по курсу, во время движения по полю, в пределах 10-20 см, что в сравнении с работой механизатора человека приводит к повышению точности захвата кромки. В результате происходит экономия времени уборки и ГСМ, что в конечном итоге снижает себестоимость продукта.

Выводы:

1. Цифровизация сельского хозяйства позволяет принять оптимальные решения при организации современного производства. Использование различных машин и механизмов, современных беспилотных и информационных систем, соответствующего программного обеспечения, позволяет получать значительный рост производительности и снижение непроизводительных расходов, а, следовательно, значительно увеличивает экономическую эффективность от обработки одних и тех же объемов земель

2. Наиболее предпочтительным типом БПЛА для проведения оценки состояния сельскохозяйственных культур становятся коптерные БПЛА и вертолеты, имеющие возможность зависания над конкретной географической точкой, вертикального взлета и посадки, имеющие не большие геометрические размеры и относительно не высокую стоимость.

3. Использование автоматических пробоотборников позволит достичь повышения качества почвенных проб, снизить уровень погрешности в определении точки взятия проб до 10% и менее, результаты определения характеристик проб до 5-8% и повысить производительность труда в 5-10 раз, а также практически исключить влияние человеческого фактора и обеспечить малые трудозатраты. В следствии чего себестоимость анализа и отбора проб не будет превосходить 100-150 рублей при рыночной цене от 1000 руб.

Список литературы

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 8 декабря 2011 г. № 2227-р). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (дата обращения: 01.06.2020).

2. Mastrorilli M. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives // *Front. Plant Sci.* – 2017. – 30 June. – P.1-26.
3. Корнилова Л.М., Иванов Е.А., Иванов П.А. Стимулирование инновационной активности сельскохозяйственных организаций - основа цифровизации АПК // *Инновационное развитие экономики.* – 2018. – № 5 (47). – С. 52-58.
4. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С. Использование Беспилотных летательных Аппаратов в сельском хозяйстве // *Исследования: теория и эксперимент.* – 2019. – №1 (30 января). – С. 48-50.
5. Старовойтова О.А., Жевора С.В., Старовойтов В.И., Овэс Е.В., Коршунов А.В., Манохина А.А., Балабанов В.И., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Звягинцев П.С., Зуев В.В., Воронов Н.В. Конкурентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 236 с.
6. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.
7. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии. Агротехника и технологии. – 2016. – №5. – С. 50-53.
8. The Connected Farm smart agriculture market assessment // *Marketsandmarkets.* – 2020. – 30 apr. – P.1-16.
9. Точное земледелие. Обследование сельскохозяйственных угодий на основе спектральной съемки и ее анализа [Электронный ресурс]. – URL: <http://gpscom.ru/default.aspx?id=39>. (дата обращения 03.06.2020).
10. Романенкова М.С., Балабанов В.И. Применение цифровых технологий в растениеводстве // *Наука в Центральной России.* – 2020. – № 2. – С. 74-82.
11. Сельхозтехника без водителя уже реальна [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/num445.html#literal83488/> (дата обращения: 02.06.2020).
12. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Булгакин Д.С., Гольяпкин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития // научное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 314 с.
13. Абрисов В.К., Елисеев В.В. Технология оперативного агрохимического обследования почвы с использованием робототехнических средств / статья, 10 с.
14. Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я., Мишуrow Н.П. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом // матер. Междунар. выставки «Agritechnica-2015»: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 220 с.
15. Российская система автономного управления комбайном на основе искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – URL: <https://promo.cognitivepilot.com/> (дата обращения 03.06.2020).
16. Быков В.Л., Быков Л.В. и др. Применение данных дистанционного зондирования для информационного обеспечения системы точного земледелия // *Науки о земле.* – 2016. С. – 146.
17. Федоренко В.Ф. Интеллектуализация – основной тренд инновационного развития сельскохозяйственной техники // *Техника и оборуд. для села.* – 2018. – № 12. – С. 2-8.
18. Ежевский А.А., Черноиванов В.И., Федоренко В.Ф. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. – 292 с.
19. Щеголихина Т.А. Технические средства для оценки состояния почвы в системе точного земледелия: аналит. информ. сообщ. – ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 8 с.
20. Умное растениеводство [Электронный ресурс]. URL: <https://iot.ru/wiki/umnoe-rasteniievodstvo> (дата обращения: 01.06.2020).
21. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. – URL: <http://uav-siberia.com/catalog/uavs/> (дата обращения: 04.06.2020).
22. Беспилотные летательные аппараты ZALA [Электронный ресурс]. – URL: <http://zala.aero/> (дата обращения: 04.06.2020).

References

1. Strategiya innovacionnogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 8 dekabrya 2011 g. № 2227-r). [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (data obrashcheniya: 01.06.2020).

2. Mastrorilli M. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives // *Front. Plant Sci.* – 2017. – 30 June. – R.1-26.
3. Kornilova L.M., Ivanov E.A., Ivanov P.A. Stimulirovanie innovacionnoj aktivnosti sel'skohozyajstvennyh organizacij - osnova cifrovizacii APK // *Innovacionnoe razvitie ekonomiki.* – 2018. – № 5 (47). – S. 52-58.
4. Zubarev YU.N., Fomin D.S. Ispol'zovanie Bepilotnyh letatel'nyh Apparatov v sel'skom hozyajstve // *Issledovaniya: teoriya i eksperiment.* – 2019. – №1 (30 yanvarya). – S. 48-50.
5. Starovojtova O.A., Zhevora S.V., Starovojtov V.I., Oves E.V., Korshunov A.V., Manohina A.A., Balabanov V.I., Fedorenko V.F., Golubev I.G., Zvyagincev P.S., Zuev V.V., Voronov N.V. Konkurentosposobnye tekhnologii semenovodstva, proizvodstva i hraneniya kartofelya: nauch. izd. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2018. – 236 s.
6. Balabanov V.I., Fedorenko V.F. i dr Tekhnologii, tekhnika i oborudovanie dlya koordinatnogo (tochnogo) zemledeliya: ucheb.. –M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. – 240 s.
7. Balabanov V.I. Polevaya strategiya. Vnedrenie innovacij v koordinatnom zemledelii. Agrotekhnika i tekhnologii. – 2016. – №5. – S. 50-53.
8. The Connected Farm smart agriculture market assessment // *Marketsandmarkets.* – 2020. – 30 arr. – R.1-16.
9. Tochnoe zemledelie. Obsledovanie sel'skohozyajstvennyh ugodij na osnove spektrozonal'noj s"emki i ee analiza [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://gpscom.ru/default.aspx?id=39>. (data obrashcheniya 03.06.2020).
10. Romanenkova M.S., Balabanov V.I. Primenenie cifrovyyh tekhnologij v rastenievodstve // *Nauka v Central'noj Rossii.* – 2020. – № 2. – S. 74-82.
11. Sel'hoztekhnika bez voditelya uzhe real'na [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/num445.html#literal83488/> (data obrashcheniya: 02.06.2020).
12. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Bulgakin D.S., Gol'tyapkin V.YA., Golubev I.G. Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo: sostoyanie i perspektivy razvitiya // *nauchnoe izdanie.* –M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. – 314 s.
13. Abrosimov V.K., Eliseev V.V. Tekhnologiya operativnogo agrohimicheskogo obsledovaniya pochvy s ispol'zovaniem robototekhnicheskikh sredstv / stat'ya, 10 s.
14. Fedorenko V.F., Gol'tyapin V.YA., Mishurov N.P. Tendencii mashinno-tekhnologicheskoy modernizacii sel'skogo hozyajstva za rubezhom // *mater. Mezhdunar. vystavki «Agritechnica-2015»:* nauch. analit. obzor. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. – 220 s.
15. Rossijskaya sistema avtonomnogo upravleniya kombajnom na osnove iskusstvennogo intellekta [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://promo.cognitivepilot.com/> (data obrashcheniya 03.06.2020).
16. Bykov V.L., Bykov L.V. i dr. Primenenie dannyh distancionnogo zondirovaniya dlya informacionnogo obespecheniya sistemy tochnogo zemledeliya // *Nauki o zemle.* – 2016. S. – 146.
17. Fedorenko V.F. Intelktualizaciya – osnovnoj trend innovacionnogo razvitiya sel'skohozyajstvennoj tekhniki // *Tekhnika i oborud. dlya sela.* – 2018. – № 12. – S. 2-8.
18. Ezhevskij A.A., Chernoivanov V.I., Fedorenko V.F. Tendencii mashinno-tekhnologicheskoy modernizacii sel'skogo hozyajstva: nauch. analit. obzor. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2010. – 292 s.
19. SHCHegolihina T.A. Tekhnicheskie sredstva dlya ocenki sostoyaniya pochvy v sisteme tochnogo zemledeliya: analit. inform. soobshch. – FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. – 8 s.
20. Umnoe rastenievodstvo [Elektronnyj resurs]. URL: <https://iot.ru/wiki/umnoe-rastenievodstvo> (data obrashcheniya: 01.06.2020).
21. Bepilotnye letatel'nye apparaty [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://uav-siberia.com/catalog/uavs/> (data obrashcheniya: 04.06.2020).
22. Bepilotnye letatel'nye apparaty ZALA [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://zala.aero/> (data obrashcheniya: 04.06.2020).

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Балабанов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: vbalaabanov@rgau-msha.ru.

Елесе́ев Влади́мир Влади́рович – генеральный директор ООО «Робопроб», e-mail: v_eliseev@land.ru.

Солда́тов Па́вел Дми́триевич – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: pavsoldatov@gmail.com.

Бабанский Иван Владимирович – соискатель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: mr.babansky2011@yandex.ru.

Романенкова Мария Сергеевна – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: mashkaromanenkova@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Balabanov Victor - Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Eleseyev Vladimir – General Director of LLC “Roboprob”, e-mail: v_eliseev@land.ru.

Soldatov Pavel – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: pavsoldatov@gmail.com

Babansky Ivan – applicant of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: mr.babansky2011@yandex.ru

Romanenkova Maria – postgraduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: mashkaromanenkova@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 15.05.2020 Принята к публикации (Accepted): 19.06.2020

УДК 632.08:631.2

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-3-40-46

ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗЕРНОВОЙ НАСЫПИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ НА ХРАНЕНИИ В ГЕРМЕТИЧНОМ СИЛОСЕ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДОЙ

¹Латышенко Михаил Борисович

¹Макаров Валентин Алексеевич

¹Латышенко Надежда Михайловна

¹Слободскова Анастасия Анатольевна

¹Ивашкин Алексей Викторович

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева»

Реферат. В процессе хранения зерна в нём происходят потери в массе и его качестве. Основными причинами этих потерь являются: биологические потери (возникающие в процессе дыхания зерна, интенсивность которого зависит от температуры и влажности окружающей среды); потери от жизнедеятельности насекомых вредителей, грызунов, которые могут в него проникнуть. Предложена принципиально новая технология для хранения семенного материала в условиях, характерных для малых и средних фермерских хозяйств, в закрытой системе – контейнер, с регулируемой в нём воздушной и газовой средой внутри контейнера. Исследования проводятся в системе, в которой установлено, что процесс дыхания семян в закрытой системе происходит с выделением углекислого газа в объёме воздуха, находящегося внутри контейнера, который характеризуется дыхательным коэффициентом. Установлено, что при определении