

УДК 631.171

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Лебедев Даниил Олегович

Аспирант

email: awersggv@gmail.com

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86.

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, Россия, 196210, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38

Ус Семён Сергеевич

Аспирант

email: magusus@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Синицын Денис Дмитриевич

Магистр

email: denis@sinicin.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Кузнецов Евгений Евгеньевич

д-р. техн. наук, профессор

РИНЦ SPIN-код: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова, Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58

Использование беспилотных технических средств (БТС) и систем является современным и актуальным решением при оптимизации производства в различных областях как промышленности, так и сельского хозяйства. При этом в агропромышленном комплексе, несмотря на явную приоритезацию летнего сезона, как основного периода вегетации растений, при выполнении агротехнических работ всё большее значение приобретает необходимость проведения дополнительных подготовительных, профилактических и контролирующих мер в осенне-зимний и зимне-весенний периоды, что может быть выполнено применением БТС. В предлагаемой статье приводится анализ способов и методов,

UDC 631.171

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for agro-industrial complex (technical sciences)

ANALYSIS OF UNMANNED VEHICLES USAGE AND WAYS OF EFFICIENCY INCREASING IN THE AGRO_INDUSTRIAL COMPLEX

Lebedev Daniil Olegovich

Postgraduate student

email: awersggv@gmail.com

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86.

Saint-Petersburg State civil aviation university named after aviation Chief marshal A.A. Novikov, Russia, 196210, Saint-Petersburg, ul.Pilotov, 38

Us Semyon Sergeevich

Postgraduate student

email: magusus@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Sinitsyn Denis Dmitrievich

Master's student

email: denis@sinicin.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Kuznetsov Evgeny Evgenievich

Doctor of technical sciences, Professor

RSCI SPIN-code: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Northeastern Federal University named after M.K.Ammosov, Russia, 677000, Republic of Sakha (Якутия), Yakutsk, ul. Belinskogo, 58

The use of unmanned technical means (UTM) and systems is a modern and relevant solution for optimizing production in various fields of both industry and agriculture. Despite the obvious prioritization of the summer season in agriculture as the main growing period of plants, when performing agrotechnical operations, the need for additional preparational, preventive and control measures in the autumn-winter and winter-spring periods is becoming increasingly important, which can be accomplished using UTM. The proposed article provides an analysis of methods and techniques aimed at ensuring agricultural operations at subzero temperatures and temperatures close to zero using unmanned aerial

направленных на обеспечение проведения сельскохозяйственных работ при отрицательных температурах и температурах близких к нулю с использованием беспилотных летательных аппаратов и наземной робототехники, а также предлагается схема малозатратной конструкции устройства, техническая эффективность которого направлена на увеличение времени выполнения воздушной или наземной операции

Ключевые слова: АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАБОТЫ, БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, МОНИТОРИНГ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-213-034>

vehicles and ground-based robotics, and also suggests a design of a low-cost device, the technical effectiveness of which is aimed at increasing the time to perform aerial or ground operations

Keywords: AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX, AGRICULTURAL OPERATIONS, UNMANNED VEHICLES, MONITORING, EFFICIENCY

Введение. Современное состояние и технический уровень средств механизации сельского хозяйства Российской Федерации предопределяет актуальность и перспективу использования беспилотных технических средств (БТС) в организации и проведении сельскохозяйственных работ [1-5,7,8]. Тем не менее, доля предприятий, имеющих в своей материально-технической базе непосредственно или обладающих возможностью аренды такого оборудования, варьируется от региона к региону. Преимущественно, это обусловлено климатическими и фенологическими параметрами, а также их стоимостью, эксплуатационной рентабельностью и доступностью. Последнее, в свою очередь зависит от политических, экономических, социальных и технологических факторов [6]. Ярким примером ограничения доступности является продукция компании DJI Technology (КНР), которая, в данный момент, не может эксплуатироваться и обслуживаться с должной степенью качества вследствие определённых санкционных ограничений.

Согласно данным правительства РФ, вплоть до 18% агрохозяйств в настоящее время используют беспилотные технические средства как минимум в одном технологическом цикле [20]. При этом основными пользователями являются регионы Юга России и Сибири, такие как: Оренбургская область, Республика Башкортостан, Ростовская,

<http://ej.kubagro.ru/2025/09/pdf/34.pdf>

Волгоградская и Самарская области, а также республика Алтай [21]. При чём также очевидно, что большая часть работ выполняется соответствующими единицами сельскохозяйственной техники и не может быть заменена полноценными беспилотными техническими средствами.

Учитывая, что выращивание сельскохозяйственных культур организовано почти на всей территории страны, резко континентальный и субарктический климатические пояса обуславливают выраженную сезонность и значительный годовой температурный градиент, в связи с чем климатические зоны оказывают значительное влияние на сроки обработки почвы и сбора урожая. В таких условиях нередко можно наблюдать, например, уборку урожая яровых культур в конце сентября-октябре при температурах от 0 °C до -15 °C, в частности для условий Дальнего Востока России. При этом, как показывают исследования, эксплуатация беспилотных технических средств по-прежнему может быть эффективна и коммерчески доходна [2,7].

Материалы и методы. В агропромышленном комплексе используются не только беспилотные летательные аппараты, хотя они и являются наиболее традиционным средством среди роботизированных средств дистанционного и автоматизированного управления, но и наземные технические средства на колёсном, гусеничном, комбинированном или шнековом шасси. Они отличаются меньшей производительностью, при решении одинаковых задач, однако позволяют реализовывать недоступные авиационным дронам инвазивные методы воздействия на растение и почву с обеспечением необходимого уровня безопасности и эффективности [9].

В целом, способы применения, к выполнению которых могут быть привлечены беспилотные технические средства, можно разделить на две основные категории применения: направленные на контроль и

мониторинг, или на воздействие на растение и почву согласно схеме на рисунке 1.



Рисунок 1 – Способы применения беспилотных технических средств

Для осуществления первой категории применения используются преимущественно беспилотные летательные аппараты коптерного или самолётного типов, с установленными камерой, тепловизором, лидаром или мультиспектрометром, а также необходимой аппаратурой позиционирования и связи [2-5]. Ниже приведены методы и способы применения указанных беспилотных систем для выполнения работ, а также их характерные преимущества и недостатки.

1. Обследование полей для выявления подтоплений и эрозии. В регионах с высокой среднегодовой нормой осадков, суглинистыми и глинистыми почвами особенно важно не допускать переувлажнения и заболачивания почвы, так как водная эрозия негативно влияет на плодородность верхнего слоя поля и на состояние растений [10]. Дрон при этом может оперативно и с наибольшей эффективностью оценить состояние поля на предмет наличия участков стоячей воды, образовавшейся после начала схода снега, и передать соответствующие медиафайлы для дальнейшей обработки, анализа и принятия соответствующего решения о проведении необходимых работ.

2. Картирование местности для планирования дренажа и культивации. Вытекающим решением, основываясь на данных оценки состояния подтоплений, является проектирование дренажных каналов для вывода излишков воды с площади поля, а также культивирование особо заболоченных участков для снижения уровня влажности почвы и улучшения аэрации. Помимо визуального осмотра могут быть применены средства тепловизионного спектра [11]. Так как влажная почва обладает более высокой среднеобъёмной теплоёмкостью, то данные участки менее поддаются нагреву Солнцем в течение дня и выделяются более тёмыми участками на термографических снимках.

3. Мониторинг снежного покрова. Для нормального развития озимых культур требуется создать достаточный высотный уровень слоя снега, помимо этого, при таянии снег насыщает почву минеральными компонентами и улучшает её качество [12]. Пользуясь всё теми же данными фото- и видеосъёмки, можно оценить обеспеченность снежной массой участков поля. Конечно, наблюдение предоставит результат только в отношении площади снежного покрова, измерение толщины необходимо проводить локально, однако и визуального анализа достаточно, например, для принятия решения о проведении снегозадерживающих работ.

4. Контроль снегоуборочных работ и снегозадержания. Беспилотный летательный аппарат способен осуществлять контроль за проведением значительного спектра сельскохозяйственных работ и движением спецтехники, в том числе в зимний период. Необходимость в проведении снегоуборочных работ может появиться при чрезмерном объёме снежной массы на поле, а также для очистки подъездных дорог или периферии сельскохозяйственных объектов, зданий и сооружений. Снегозадержание, напротив, применяется преимущественно на равнинных, степных участках, при недостаточных высоте и плотности снежного покрова. Решение о проведении работ данного характера принимается на основании данных мониторинга.

5. Оценка выживаемости, вымерзания и заболеваний озимых культур. Несоблюдение необходимого технологического процесса при выращивании озимых культур и неблагоприятные климатические воздействия сказываются на итоговой урожайности. При начале схода снега важно оперативно оценить состояние всходов и принять соответствующие меры защиты или стимулирования для недопущения развития пагубных факторов. Помимо указанных ранее способов, для оценки вегетативного состояния растений можно использовать спектральный анализ, по результатам которого можно судить о наличии заболеваний, проценте выживаемости и общем состоянии поля [7,10,13,14].

6. Корректировка данных картирования после зимнего периода. Наиболее популярным направлением использования дронов сегодня является аэрофотосъёмка и составление ортофотопланов. Обновление данных картографии имеет необходимость в заданной периодичности по причине изменения формы рельефа местности от года к году. Всё потому, что при промерзании почвы происходит её сжатие из-за расширения частиц воды при образовании льда, а вследствие обогрева – наоборот.

Хуже, когда данный процесс имеет попеременный характер при длительном колебании температур окружающей среды около нуля. Также на рельеф оказывает влияние ветровая и водная эрозии, и антропологическое воздействие.

7. Ночное наблюдение, патрулирование объектов, посевов, контроль наличия и использования техники. Данная категория работ охватывает перечень охранных мероприятий с использованием бортовых систем наблюдения. Беспилотник позволяет обеспечить ракурсы, недоступные стационарным камерам, а также большую производительность на установленной площади осмотра. Недостатком является невозможность проведения скрытого наблюдения, так как при работе дрон, даже миниатюрного типа, издаёт характерный и достаточно громкий шум.

8. Предзимняя фунгицидная обработка и раннее внесение стартовых удобрений весной. Как говорилось ранее, беспилотные технические средства могут использоваться для инвазивного воздействия на растение. Благодаря установленным на промышленных агродронах системам опрыскивания, включающим в себя баки, форсунки, шланги, насосы и датчики давления, пользователи могут осуществлять внесение химических и биологических соединений в поле. Противогрибковая обработка важна для озимых культур, чтобы не допустить развития грибковых заболеваний при повышенной влажности, а то время как весенняя подкормка обеспечит запас питательных веществ для устойчивого развития в оставшийся срок созревания, рисунок 2.



Рисунок 2 – Беспилотный летательный аппарат для опрыскивания полей в период фунгицидной обработки

9. Зондирование почвы. Забор проб почвы необходим для проведения ряда аналитических исследований, направленных на формирование лучшего понимания состояния грунта и разработки необходимых мер воздействия [15]. Данный способ более эффективно реализуется наземными беспилотными техническими средствами, относительно авиационных [9]. Тем не менее, существуют образцы летательных аппаратов со встроенной системой бурения и хранения почвы револьверного типа. Такой аппарат может оперативно совершить забор необходимого количества проб почвы на разных участках поля, даже при их значительном относительном удалении, рисунок 3.



Рисунок 3 – Беспилотный летательный аппарат с функцией непосредственного зондирования проб почвы

10. Фенологический мониторинг. Наблюдение и анализ сезонных явлений позволяет агрономам наиболее эффективно планировать сроки и характер агротехнических работ. Обычно, результаты наблюдений собираются за длительный срок, формируя как можно более полную базу данных. Для этой задачи целесообразно использовать снимки, полученные со спутниковых группировок, однако, для уточнения данных или, например, при устоявшейся неблагоприятной погоде и значительной облачности, рекомендуется использовать аэрофотосъёмку, в том числе с использованием дронов [10,14].

Однако при несомненной пользе применения БТС в сельском хозяйстве существует ключевой обобщающий фактор снижения эффективности их использования при работе в условиях низких температур – снижение ресурса аккумулятора и ускоренная деградация самой батареи. На сегодняшний день данный недостаток может быть скомпенсирован только внедрением системы автономного отопления для литий-полимерных аккумуляторов [14].

В связи с чем, на основе патентного поиска [3-8, 16-19] было предложено патентное решение по патенту РФ 2840979 (патентообладатель ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ), заключающееся в разработке материально малозатратного устройства (рисунок 4 а и б),

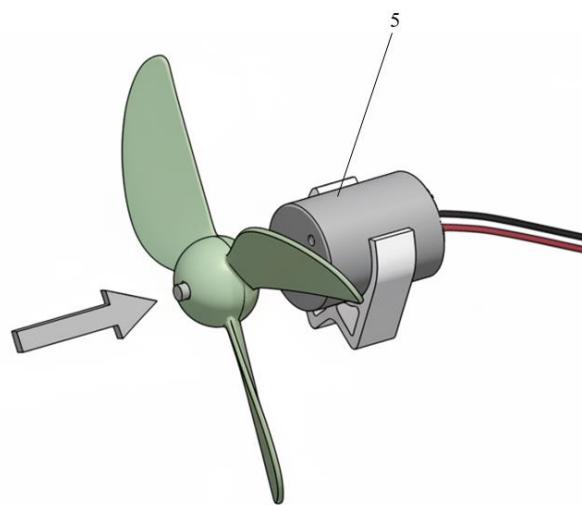


Рисунок 4а – Предлагаемая конструкция ветрогенератора

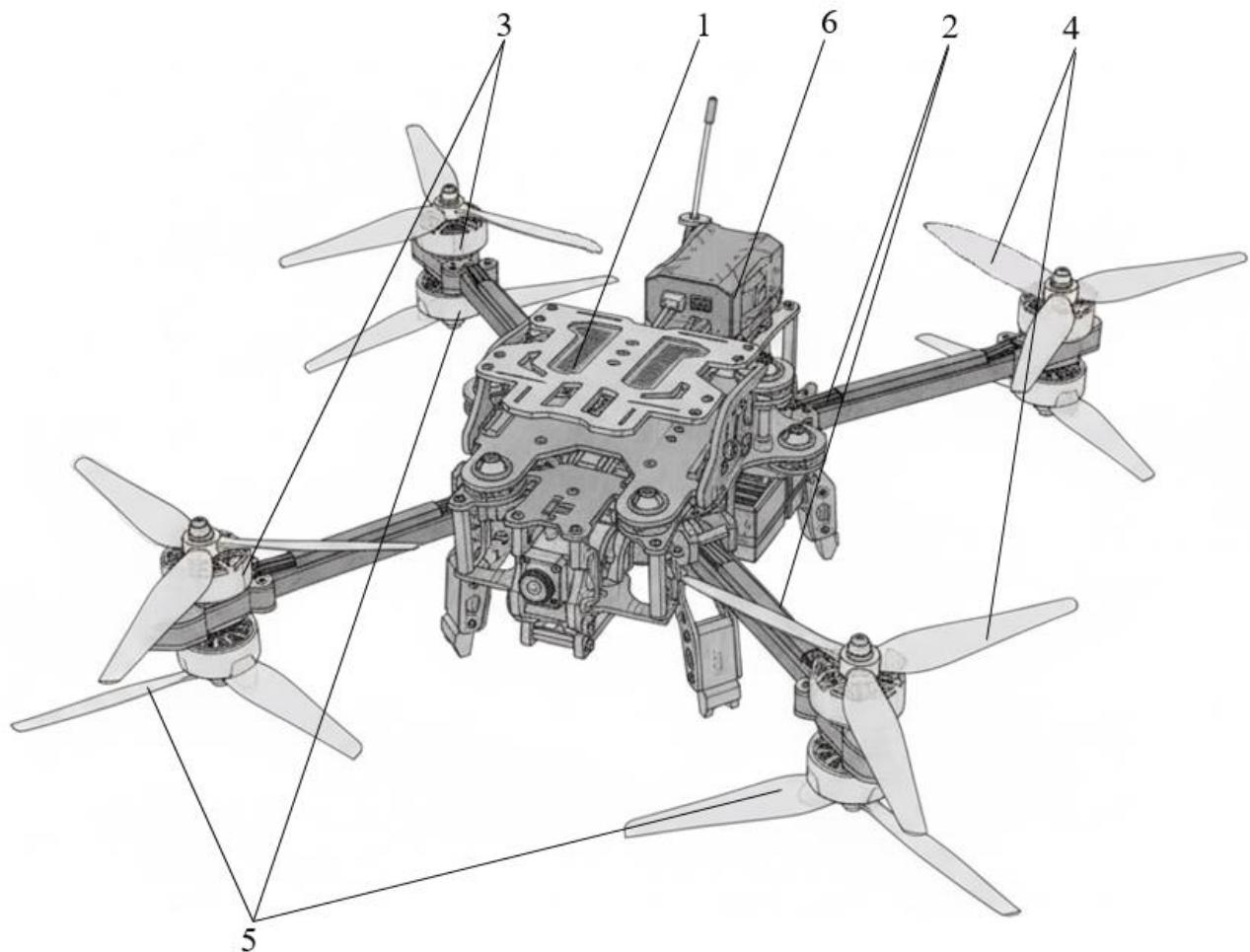


Рисунок 4б – Конструктивная схема адаптивного БПЛА для низкотемпературных условий

- адаптивного БПЛА для низкотемпературных условий, техническая эффективность которого направлена на расширение эксплуатационного диапазона температур беспилотного летательного аппарата, повышение продолжительности использования при проведении работ, увеличение ресурса используемой аккумуляторной батареи, заключающееся в следующем.

Поставленная задача достигается тем, что адаптивный беспилотный летательный аппарат для низкотемпературных условий выполнен в виде корпуса 1 базы и четырёх установочных кронштейнов 2, выполненных из композитных материалов, отличающийся тем, что на концах кронштейнов 2

располагаются бесщеточные электродвигатели 3 с установленными на них воздушными винтами 4, при этом под каждым из электродвигателей 3, с обратной стороны кронштейнов 2, находятся модульные ветрогенераторные установки 5. Вдоль кронштейнов 2 протянуты и закреплены кабельные выводы из электродвигателей 3 и ветрогенераторных установок 5 соответственно с каждой стороны. По центру корпуса 1 базы со сдвигом к задней части располагается литий-полимерный аккумулятор 6, который осуществляет питание электродвигателей 3, при этом полимерный аккумулятор 6 закрыт теплоизоляционной оболочкой с встроенными нагревательными пластинами, питание которых происходит посредством выработанного ветрогенераторами напряжения, аккумулируемого и распределяемого встроенным контроллером. Помимо этого, на беспилотный летательный аппарат установлена камера в передней фронтальной части корпуса 1 базы, а также кронштейн для полезной нагрузки в нижней её части.

В процессе выполнения полёта беспилотный летательный аппарат обтекается встречным потоком воздуха, обусловленного высокой скоростью движения, движение воздушной массы способствует более интенсивному охлаждению агрегатов, в том числе блока аккумулятора. В данных условиях ветрогенераторная установка 5 преобразовывает энергию набегающего потока, независимо от его преобладающего направления, и компенсирует увеличившееся охлаждение поверхностей путём увеличения токовой отдачи к системе обогрева – теплоизоляционной оболочке с встроенными нагревательными пластинами и, как следствие, выходной мощности.

Выполняя авиационные работы, оператору беспилотного летательного аппарата реже требуется осуществлять возврат в точку запуска и замену или подзарядку аккумулятора, при этом увеличивается непрерывная полётная дальность. При отсутствии необходимости в применении систем обогрева ветрогенераторные установки 5 могут быть отключены, а в условиях положительных температур использования- демонтированы для уменьшения

веса конструкции и снижения аэродинамического сопротивления или направлены на питание аккумулятора посредством установки дополнительного выпрямителя тока.

Результаты и обсуждение. Эффективность работы беспилотного комплекса зависит от объёма выполненных им в процессе использования работ и характеризуется в первую очередь его производительностью, которую можно определить по аналогии для наземного транспорта по известным зависимостям:

– для БПЛА, не адаптированных к условиям низкотемпературного использования (серийный вариант)

$$W_{\text{нac}} = C_{\text{нac}} S_{\text{нac}} = C_{\text{нac}} V_p T_{\text{нac}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{нac}}$ – объём выполненной работы (полученной информации), Мб;

$S_{\text{нac}}$ – путь неадаптированного серийного БПЛА, км;

V_p – средняя скорость движения неадаптированного БПЛА, км/ч;

$T_{\text{нac}}$ – общее время работы неадаптированного БПЛА в режиме единичного цикла использования (однократной зарядки), ч.

– для БПЛА, адаптированных к условиям низкотемпературного использования (экспериментальный вариант)

$$W_{\text{аэ}} = C S_{\text{аэ}} = C V_p T_{\text{аэ}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{аэ}}$ – объём выполненной работы (полученной информации), Мб;

$S_{\text{аэ}}$ – путь адаптированного экспериментального БПЛА, км;

V_p – средняя скорость движения адаптированного экспериментального БПЛА, км/ч;

$T_{\text{аэ}}$ – общее время работы адаптированного БПЛА в режиме единичного цикла использования (однократной зарядки), ч.

Учитывая, что соотношение $\frac{T_{\text{аэ}}}{T_{\text{нac}}} = \frac{C_{\text{аэ}}}{C_{\text{нac}}} = \frac{S_{\text{аэ}}}{S_{\text{нac}}} = \frac{W_{\text{аэ}}}{W_{\text{нac}}}$ равно некоему коэффициенту, введём его определение, как $K_{\text{ка}}$ – коэффициент климатической адаптации. При этом $K_{\text{ка}} > 1$

Таким образом получаем выражение производительности для $W_{aэ}$ в соотношении с $W_{нac}$, как

$$W_{aэ} = W_{нac} \cdot K_{ка}. \quad (3)$$

Или

$$W_{aэ} = C_{нac} V_p T_{нac} K_{ка}. \quad (4)$$

Таким образом полученное выражение позволяет провести расчёт показателей производительности перспективного адаптированного БПЛА и осуществить нормирование его затратных показателей и технологических параметров на этапе расчёта конструкции.

Выводы. Таким образом, эксплуатация беспилотных технических средств в межсезонный период при соответствующей оценке, экономическом расчёте и внедрении предлагаемых решений окажет положительное влияние на эффективность производства технологических работ в агрокомплексе. Учитывая, что с развитием научного и промышленного прогресса, расширением регионального рынка БТС наблюдается сокращение стоимости освоения и эксплуатации беспилотных технических средств в различных областях производства, рассматриваемое направление представляется актуальным, востребованным и имеющим высокую промышленную перспективу в современных условиях развития агропромышленного комплекса России.

Список литературы:

1. Просвирина Н. В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов // Московский экономический журнал. 2021. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-perspektivy-razvitiya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>
2. А. В. Банкрутенко, Н. С. Елисеева. Опыт использования беспилотных летательных аппаратов в хозяйствах подтаежной зоны Западной Сибири // Вестник СГУГИТ. 2023. №3. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54409819>
3. Ю. Н. Зубарев, Д. С. Фомин, А. Н. Чащин, М. В. Заболотнова. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник Пермского

федерального исследовательского центра. 2019. №2. URL:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38514608>

4. В. Б. Пойда, И. В. Антошин, К. А. Чупрасова. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Инновационные технологии в АПК: теория и практика сборник статей XI международной научно-практической конференции. 2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=cuheg1>

5. Б. К. Салаев, А. А. Серёгин. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник аграрной науки Дона. 2022. №4 (60). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50264455>

6. Н. Ю. Зубарев, А. А. Урасова, Л. В. Глезман, С. С. Федосеева, Ю. Н. Зубарев. Значимые факторы развития рынка сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов в новых реалиях // Аграрный вестник Урала. 2024. №1. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60774996>

7. В.А. Седых, А.В. Родионов. Современные направления повышения эффективности беспилотных летательных аппаратов // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. №1. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50237790>

8. С.К. Абдыкадыров, А.Э. Исаева. Об экономической эффективности применения БПЛА в сельском хозяйстве // Вестник Ошского государственного университета. Экономика. 2024. №2 (5). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75212755>

9. А.В. Бондарчук, А.Ю. Перов. Использование спутниковых данных для мониторинга негативных процессов на землях сельскохозяйственного назначения Краснодарского края // Известия дагестанского государственного педагогического университета. естественные и точные науки. 2024. №4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80675066>

10. П.Г. Грубина, И.Ю. Савин, Е.Ю. Прудникова. Возможности использования данных тепловой съемки для детектирования основных параметров плодородия пахотных почв // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. №105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44560850>

11. В.Б. Троц. Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. №4 (60). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26586369>

12. С.А. Родимцев, Н.Е. Павловская, С.В. Вершинин, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина. Использование вегетативного индекса NDVI для прогноза урожайности зерновых культур // Вестник НГАУ. 2022. №4 (65). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50209921>

13. Ю.А. Гулянов. Зависимость вегетационного индекса (NDVI) от фитометрических параметров посевов озимой пшеницы в степной зоне Оренбургского Предуралья // Проблемы развития АПК региона. 2019. №3 (39). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41223310>

14. С.С. Ус, А.С. Капустина, П.Э. Куликов. Современные направления повышения эффективности беспилотных летательных аппаратов // Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых. 2025. URL: <https://articles.dalga.ru/files/download/513/2a921c573e780ef021058ce79d12496e>

15. А.С. Растопчин, В.А. Шахов, П.Г. Учкин, И.М. Затин. Роботизированная сельскохозяйственная платформа. Патент // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный аграрный университет". 2025. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2834465C1/ru>

16. Милоткин, В.А. Разработка инновационных технологий и технических средств для внесения удобрений при обработке почвы и посеве сельскохозяйственных культур /А.А.Милоткин, В. А. Шахов, Н.К.Комарова [и др.] Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2024. -№ 5 (109). -С.149-155. <https://elibrary.ru/item.asp?id=73164041>

17. Расчёт оптимальных конструктивных параметров роботизированной сельскохозяйственной гусеничной платформы по критерию максимума энергоэффективности. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный аграрный университет". 2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68597943>

18. А.С. Растопчин, В.А. Шахов, Е.М. Асманкин, П.Г.Учкин., И.М. Затин. Разработка экспериментальной универсальной роботизированной платформы // Достижения науки и техники АПК. 2024. №11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79090947>

19. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Кучер А.В. Повышение эффективности использования мобильных транспортных энергетических средств в условиях низкотемпературной эксплуатации: монография. - Дальневосточ. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2022. – 175 с.

References:

1. Prosvirina N. V. Analiz i perspektivy razvitiya bespilotnykh letatelnykh apparatov // Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. 2021. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-perspektivy-razvitiya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>
2. A. V. Bankutenko. N. S. Eliseyeva. Opyt ispolzovaniya bespilotnykh letatelnykh apparatov v khozyaystvakh podtayezhnoy zony Zapadnoy Sibiri // Vestnik SGUGIT. 2023. №3. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54409819>
3. Yu. N. Zubarev. D. S. Fomin. A. N. Chashchin. M. V. Zabolotnova. Ispolzovaniye bespilotnykh letatelnykh apparatov v selskom khozyaystve // Vestnik Permskogo federalnogo issledovatelskogo tsentra. 2019. №2. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38514608>
4. V. B. Poyda. I. V. Antoshin. K. A. Chuprasova. Ispolzovaniye bespilotnykh letatelnykh apparatov v selskom khozyaystve // Innovatsionnye tekhnologii v APK: teoriya i praktika sbornik statey XI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=cyehgj>
5. B. K. Salayev. A. A. Seregin. Analiz primeneniya bespilotnykh letatelnykh apparatov v selskom khozyaystve // Vestnik agrarnoy nauki Dona. 2022. №4 (60). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50264455>
6. N. Yu. Zubarev. A. A. Urasova. L. V. Glezman. S. S. Fedoseyeva. Yu. N. Zubarev. Znachimyye faktory razvitiya rynka selskokhozyaystvennykh bespilotnykh letatelnykh apparatov v novykh realiyakh // Agrarnyy vestnik Urala. 2024. №1. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60774996>
7. V.A. Sedykh. A.V. Rodionov. Sovremennyye napravleniya povysheniya effektivnosti bespilotnykh letatelnykh apparatov // Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika. nauka. tekhnologii. 2023. №1. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50237790>
8. S.K. Abdykadyrov. A.E. Isayeva. Ob ekonomiceskoy effektivnosti primeneniya BPLA v selskom khozyaystve // Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. 2024. №2 (5). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75212755>

9. A.V. Bondarchuk. A.Yu. Perov. Ispolzovaniye sputnikovykh dannykh dlya monitoringa negativnykh protsessov na zemlyakh selskokhozyaystvennogo naznacheniya Krasnodarskogo kraja // Izvestiya dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. estestvennyye i tochnyye nauki. 2024. №4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80675066>
10. P.G. Grubina. I.Yu. Savin. E.Yu. Prudnikova. Vozmozhnosti ispolzovaniya dannykh teplovoy syemki dlya detektirovaniya osnovnykh parametrov plodorodiya pakhotnykh pochv // Byulleten pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva. 2020. №105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44560850>
11. V.B. Trots. Agroekologicheskoye vliyaniye polezashchitnykh lesnykh polos // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. №4 (60). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26586369>
12. S.A. Rodimtsev. N.E. Pavlovskaya. S.V. Vershinin. I.V. Gorkova. I.N. Gagarina. Ispolzovaniye vegetativnogo indeksa NDVI dlya prognoza urozhaynosti zernovykh kultur // Vestnik NGAU. 2022. №4 (65). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50209921>
13. Yu.A. Gulyanov. Zavisimost vegetatsionnogo indeksa (NDVI) ot fitometricheskikh parametrov posevov ozimoy pshenitsy v stepnoy zone Orenburgskogo Preduralia // Problemy razvitiya APK regiona. 2019. №3 (39). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41223310>
14. S.S. Us. A.S. Kapustina. P.E. Kulikov. Sovremennyye napravleniya povysheniya effektivnosti bespilotnykh letatelnykh apparatov // Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh. 2025. URL: <https://articles.dalgau.ru/files/download/513/2a921c573e780ef021058ce79d12496e>
15. A.S. Rastopchin. V.A. Shakhov. P.G. Uchkin. I.M. Zatin. Robotizirovannaya selskokhozyaystvennaya platforma. Patent // Federalnoye gosudarstvennoye byudzhetnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Orenburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet". 2025. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2834465C1/ru>
16. Milyutkin. V.A. Razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv dlya vneseniya udobreniy pri obrabotke pochvy i poseve selskokhozyaystvennykh kultur /A.A.Milutkin. V. A. Shakhov. N.K.Komarova [i dr.] Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2024. -№ 5 (109). -S.149-155. <https://elibrary.ru/item.asp?id=73164041>
17. Raschet optimalnykh konstruktivnykh parametrov robotizirovannoy selskokhozyaystvennoy gusenichnoy platformy po kriteriyu maksimuma energoeffektivnosti. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM // Federalnoye gosudarstvennoye byudzhetnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Orenburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet". 2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68597943>
18. A.S. Rastopchin. V.A. Shakhov. E.M. Asmankin. P.G.Uchkin.. I.M. Zatin. Razrabotka eksperimentalnoy universalnoy robotizirovannoy platformy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024. №11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79090947>
19. Kuznetsov E.E.. Shchitov S.V.. Krivutsa Z.F.. Kucher A.V. Povysheniye effektivnosti ispolzovaniya mobilnykh transportnykh energeticheskikh sredstv v usloviyakh nizkotemperaturnoy ekspluatatsii: monografiya. - Dalnevost. gos. agrar. un-t. – Blagoveshchensk: Dalnevostochnyy GAU. 2022. – 175 s.