

формируя ленту шириной до 60 мм. Следом идущие и расположенные немного выше по уровню заделывающие рабочие органы 6 обеспечивают равномерную заделку удобрений и семян на требуемую глубину. Глубина заделки удобрений 30...60 мм, глубина заделки семян 20...50 мм, расстояние между удобрениями и семенами 10...20 мм, уплотнение почвы в зоне семенного ложа – 1,1...1,25 г/см<sup>3</sup>.

В результате локальное внесение основной дозы удобрений в два ряда ка ниже семян, разделенных от них прослойкой почвы в сочетании со стартовым удобрением, приближенным к семенам, создает более благоприятные условия для прорастания семян, роста и развития растений, что в конечном итоге дает ощутимую прибавку урожая.

Таким образом, для дальнейшего повышение эффективности сельскохозяйственного производства предложена энергосберегающая технология улучшения лугопастбищных угодий при минимальной обработке почвы при прямом посеве ценных видов трав с использованием специального сошника, которая снижает энергозатраты и себестоимость единицы получаемой продукции, повышает продуктивность, кроме этого совмещение операций исключает многократность проходов трактора по полю, что значительно уменьшает уплотнение почвы и травмирование растительности.

### **Список использованной литературы**

1. Государственная программа «Аграрный бизнес» развития сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь на 2021–2025 г. Постановление СМ РБ № 59 от 01.02.2021 г.

2. Комбинированный двухдисковый сошник: патент 10445 Респ. Беларусь, МКП А J 01 9/2 А.Г. Вабищевич и др.; заявитель и патеновладелец Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» № а 20050117; заявл 07.02.2005; опубл. 17.12.2007 г.

**УДК 629.366.06**

**С.В. Шлемен**, *ст. преподаватель*, **Ю.А. Напорко**, *ст. преподаватель*,  
**М.Н. Трибуналов**, *ст. преподаватель*,  
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

### **АВТОНОМНЫЕ ТРАКТОРЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, автономный трактор, мощность, система управления, искусственный интеллект.

**Key words:** agriculture, autonomous tractor, power, management system, artificial intelligence.

**Аннотация.** В статье представлены и описаны модели автономных тракторов. Описаны преимущества использования автономных тракторов в сельском хозяйстве.

**Abstract.** The article presents and describes models of autonomous tractors. The advantages of using autonomous tractors in agriculture are described.

Стремительное развитие технологий упрощает жизнь человека, делает ее более комфортной. Искусственный интеллект постепенно занимает свое место во всех отраслях и транспорт в сельском хозяйстве не стал исключением. На данный момент большую популярность набирают разработки автономных тракторов [1]. С первого появления тракторов в сельском хозяйстве за ними закрепились энергоемкие операции, которые обуславливают их применение почти на всех этапах растениеводства и животноводства (вспашка, рыхление, внесение удобрений, транспортировка и пр.) [2]. В сельском хозяйстве много типовых сезонных работ, выполняемых ежегодно по одним и тем же маршрутам и поддающихся программированию. Многие страны ведут разработки в этой области, считая, что они не только помогут улучшить качество производства, но помогут вернуть квалифицированных специалистов в аграрный сектор [1].

В XXI веке началось активное развитие автономных тракторов, которое базировалось на развитии спутниковых систем навигации (GNSS), лазеров, радаров. Первыми были введены в эксплуатацию полуавтоматические тракторы. Присутствие трактористов было обязательно, но выполняли они только разворотные операции. Следующим этапом развития послужил принцип «делай как я» – ведомый трактор следует за ведущим, управляемым водителем, и повторяет его действия [2].

В мире интенсивно ведутся разработки по созданию полностью автономных, независимо функционирующих тракторов [1, 2].

С 2013 года компания Autonomous Tractor Corporation разрабатывала автономный роботизированный трактор AT400 Spirit. Модель без кабины, имеет гусеничный ход и приводится в движение посредством дизель-электростанции. На Spirit установлены лазерная и радионавигационная системы, что позволило улучшить точность позиционирования в сравнении с традиционным GPS. Комплектация весит меньше, чем традиционные трансмиссии, что может уменьшить уплотнение почвы и увеличить экономии топлива на 15–20 % [3, 4].

Летом 2016 года на выставке Farm Progress Show компания CNH Industrial впервые представила роботизированный трактор Magnum, имеющий все технические возможности для автономной работы. Трактор без кабины. Система основана на GPS-навигации и станциях RTK, она контролирует высочайшую точность перемещения по полю. Мощность концептуальной модели трактора составляет 419 л.с., скорость – до 50 км/ч [3, 4, 5].

В августе 2016 года на выставке Farm Progress Show компания New Holland представила роботизированный трактор T8 NH Drive. Данная модель стала полностью автономной и получила возможность управления и контроля через компьютер или планшет. Благодаря комбинации радаров и камер LiDAR и RGB трактор NH Drive способен обнаружить возникающие препятствия, после чего отправляется сообщение и оператор принимает решение о дальнейших действиях. В автономном тракторе поддерживается режим ручного управления из кабины. Человек может, например, перегнать такой трактор по дороге, довести его до заданной стартовой позиции и забрать после работы [3, 5].

В 2016 году российская компания Avroa Robotics продемонстрировала первый вариант трактора со системой AgroBot, созданной на технической платформе Владимирского завода тракторных агрегатов. Концепция проекта заключается в использовании существующих платформ тракторов, которые подвергаются определенной доработке. С них снимается кабина, устанавливается соответствующий комплект программного обеспечения и оборудования для контроля и автономного управления. Система управления, лежащая в основе AgroBot, может быть установлена практически на любую спецтехнику или трактор. При этом на все органы управления монтируются специальные приводы, которыми управляет центральный компьютер [3,4,5].

В 2017 году компания Kubota продемонстрировала свои первые автономные тракторы, разработанные в результате сотрудничества с компанией Topcon и Kansas State University. Помимо самостоятельного выполнения технологических операций, роботизированные модели серии L или M могут использоваться для совместных работ, когда один или два дистанционно управляемых ведомых трактора следуют за ведущим трактором с оператором. Мощность концептуальной модели трактора составляет 60 л.с. [3,4].

В сентябре 2018 года компания Escorts Limited, владелец производителя техники Farmtrac в Индии, представила первый роботизированный трактор мощностью 75 л.с. В основу концепции заложена глубокая модернизация серийной модели трактора с целью возможности его работы без водителя.

Компания отмечает, что разработка является результатом сотрудничества с семью компаниями, включая AVL (технологии электроприводов), Trimble (датчики, органы управления и автопилот), Samvardhana Motherson (интеллектуальная кабина), Wabco (технологии автоматизации), Microsoft (облачные технологии и искусственный интеллект), Bosch (технологии снижения выбросов) [3,4].

В конце 2018 года компания John Deere представила автономный электрический трактор, разработанный в рамках исследовательского проекта GridCON. Трактор имел полностью электрическую трансмиссию, питание которой осуществлялось непосредственно из электросети через фронтальный удлинитель с барабаном (мощностью 100 киловатт с кабелем на 2,5 километра или 300 киловатт с кабелем на 1 километр).

Новый автономный трактор, представленный John Deere в 2019 году, имеет мощность 500 кВт (680 л.с.), отличается компактностью и может быть оснащен либо колесами, либо гусеницами. Гибкая балластировка доступна в диапазоне от 5 до 15 тонн в зависимости от вариантов использования, что помогает снизить степень уплотнения почвы. Электропривод позволяет полностью исключить выбросы в атмосферу и обеспечивает чрезвычайно низкий уровень шума [3].

В конце 2018 года компания Yanmar Agri представила автономный трактор YR8D. Оснащен дизельным двигателем, управляется удаленно. Также есть два режима: полуавтономный и автономный. Полуавтономный или линейный режим - оператор присутствует на тракторе, осуществляя ручные развороты машины. Автоматический режим - система обеспечивает посадку риса полностью самостоятельно. Ориентирование GNSS, для достижения дополнительной точности работы можно устанавливать дополнительную наземную базовую станцию [4, 5].

Основные преимущества автономных тракторов над классическими:

- повышение точности обработки земли, и как следствие, эффективности сельскохозяйственных операций;
- уменьшение количества требуемого обслуживающего персонала;
- координирующий компьютер может более эффективно управлять тракторами с точки зрения топливной экономичности, возможно, даже определяя оптимальное направление для посева или сбора поля на основе топографии, размера поля, формы поля и т. д.;
- уменьшается сам размер тракторов, убирается кабина, приборы, кондиционер, органы управления и мониторы;
- упрощается управление и ремонт трактора за счет снижения общего количества проводов и их замены на оптоволоконный кабель;
- датчики тракторов также могут собирать информацию о почвенных условиях, предлагая оптимальный объем полива или подкормки уже посаженных культур и генерируя данные как до, так и после сбора урожая;
- подготовка точных данных о затратах топлива за конкретный момент времени на данной площади;
- круглосуточная работа, позволяющая сократить сроки проведения работ;
- минимизация влияния погодных факторов на работоспособность тракторов. Навигационное оборудование дает более точную информацию во время плотной туманности, пыльной и ветреной погоды и других негативных условий, которые могут повлиять на видимость.
- возможность синхронизации движения комбайна и тракторного прицепа при уборке урожая с целью снижения потерь [2, 4].

Эффективность автономных тракторов в сельском хозяйстве вполне актуальна. Диапазон работ такой техники достаточно разнообразен и не уступает классическим аналогам. Одиночные операторы смогут безопасно управлять несколькими единицами техники, существенно увеличивая

производительность труда. Трактор без кабины, приборов, кондиционера, органов управления и мониторов станет дешевле и экономичнее.

### Список использованной литературы

1. Мирончук, А. А., Ганджа, Н. А. Эффективность внедрения беспилотных автомобилей в сельское хозяйство // Молодой исследователь Дона. – 2019. – № 1. – С. 64–67.
2. Марченков, Г.А. Инновационное секторальное развитие тракторостроительного комплекса в сфере применения роботизированных тракторов в сельскохозяйственном производстве // Российское предпринимательство. – 2018. – Том 19. – № 9. – С. 2465-2472.
3. Роботы идут...Роботы-тракторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/glavpahar/roboty-idutrobotytraktory-5ea2be6352a69a0a1e733b10> – Дата доступа: 20.04.2022.
4. Шевченко, А. В., Мещеряков, Р. В., Мигачев, А.Н. Обзор состояния мирового рынка робототехники для сельского хозяйства. Ч. 1. Беспилотная агротехника // Проблемы управления. – 2019. – № 5. – С. 5–7.
5. Роботизированные трактора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotrends.ru/robopeedia/robotizirovannye-traktorar> – Дата доступа: 20.04.2022.

### УДК 621.923

*Л.Е. Сергеев, канд. техн. наук, доцент, Г.А. Галенюк, ст. преподаватель, А.М. Хартанович, студент, А.В. Воронкевич, студент  
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

### ВЛИЯНИЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ТИТАНА ВТЗ-1

**Ключевые слова:** резцы, свойства и износ режущего инструмента, заточка резцов, магнитно-абразивная обработка.

**Key words:** cutters, properties and wear of the cutting tool, sharpening of cutters, magnetic-abrasive processing.

**Аннотация.** Описаны основные проблема повышения надежности и износостойкости режущего инструмента.

**Abstract.** The main problem of increasing the reliability and wear resistance of the cutting tool is described.

Современный процесс развития техники определяется применением новых видов материалов, обладающих высокими твердостью, вязкостью,