DOI: 10.58168/CouForCom2026_195-200
УДК 630.308

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ КОЛЁСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Клубничкин В.Е., Клубничкин Е.Е., Кузнецов Д.К.
Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия

PROSPECTS AND FEATURES OF THE USE OF UNMANNED WHEELED AND TRACKED VEHICLES IN FORESTRY OPERATIONS

Klubnichkin V.E., Klubnichkin E.E., Kuznetsov D.K.
Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russia

Аннотация: Рассмотрены лесохозяйственные мероприятия и техника для лесовосстановления, ухода за лесами и защиты от пожаров. Показаны перспективы перехода лесного комплекса к беспилотным колёсным и гусеничным машинам. Определены их преимущества: исключение оператора из опасных зон, круглосуточная работа и снижение затрат. Выявлены вызовы: высокая стоимость, зависимость от связи и навигации, потребность в инфраструктуре и кадрах.

Abstract: Reviewed forestry measures and machinery for reforestation, forest maintenance, and fire protection. The prospects for the transition of the forestry sector to unmanned wheeled and tracked vehicles are shown. Their advantages are identified: removing the operator from hazardous zones, round-the-clock operation, and reduced costs. The challenges are identified: high cost, dependence on communications and navigation, and the need for infrastructure and personnel.

Ключевые слова: лесовосстановление, уход за лесами, защита от пожаров, беспилотные машины, лесной комплекс

Keywords: reforestation, forest maintenance, fire protection, unmanned vehicles, forestry sector.

Лесохозяйственные мероприятия представляют собой комплекс организационно-технических работ, направленных на повышение продуктивности и устойчивости лесов, выполнение ими экологических функций, а также на рациональное использование лесных ресурсов. В состав этих мероприятий входят лесовосстановление, уход за лесами, охрана от пожаров, вредителей и болезней, а также лесоустройство. Техническая реализация большинства из них базируется на использовании тракторов различного тягового класса и специализированного навесного оборудования, выбор которых определяется типом работ, почвенно-климатическими условиями и особенностями участка [1, 2, 3].

На этапе подготовительных работ и обработки почвы основными задачами являются создание борозд, рыхление, удаление дернового покрова и подготовка

© Клубничкин В. Е., Клубничкин Е. Е., Кузнецов Д. К., 2026

посадочных мест. Для этого применяются тракторы тяговых классов 1,4 и 3. Колесные модели, такие как МТЗ-80, МТЗ-82 и ЛТЗ-60А, экономичны и маневренны, однако эффективны лишь на лёгких почвах и участках без пней. Гусеничные тракторы (ТДТ-55, ЛХТ-100) незаменимы на переувлажнённых и захламлённых вырубках благодаря высокой проходимости и лучшему сцеплению с грунтом. Среди навесных орудий ключевое место занимают лесные плуги, в первую очередь ПКЛ-70, который формирует борозду шириной 70 см и минерализованную полосу 1,4 м, а также ПЛ-1 для дренированных почв (рис. 1а). Для первичной обработки применяются дисковые бороны (БДН-3.0, БДТ-3.0), покровосдиратели (ПЛ-1.2, ПДН-1) используются на гарях и свежих вырубках, шнековые фрезы (ФЛШ-1.2) создают микроповышения на переувлажнённых участках, а культиваторы (КЛБ-1.7) служат для доработки борозд и рыхления дна.

Для механизированной посадки лесных культур в качестве тяговой базы выступают как колесные (МТЗ-80/82, ДТ-75, Т-150), так и гусеничные тракторы (ТДТ-55, ЛХТ-100, «Онежец»). Непосредственно высадка сеянцев выполняется с помощью универсальных лесопосадочных машин (рис. 1б), например МЛУ-1 и МЛУ-1А, а в питомниках для посева сыпучих семян используются сеялки типа СЛП-5.

Уход за лесными культурами включает рыхление почвы, уничтожение сорняков, внесение удобрений и осветление посадок. Для этих работ применяются те же тракторные базы, а основным оборудованием выступают культиваторы различных типов. Культиватор КЛБ-1,7 предназначен для обработки дна плужных борозд на глубину 5–15 см, ротационный КРЛ-1М эффективен в рядах культур высотой до 1 м с глубиной обработки 3–8 см, а боковой КБЛ-1А используется для полезащитных насаждений с глубиной рыхления 8–10 см. Для осветления и удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности применяются дисковые кусторезы (КРТ-1Б) и катки-осветлители (КОК-2, КОЛК-2). Химическая обработка гербицидами и внесение жидких удобрений осуществляются навесными штанговыми опрыскивателями (ОНШ-600), также используются разбрасыватели минеральных удобрений. Вспомогательные агрегаты, такие как мульчиратели (МСБ-02), бороны и катки, применяются для предпосевной подготовки и покрытия посевов в питомниках (рис. 1в).

Лесозащитные и противопожарные мероприятия требуют специализированной техники, разделяемой на средства создания заградительных преград и средства активного тушения. Для нарезки минерализованных полос и противопожарных разрывов используются лесные плуги (ПКЛ-70А, ПЛК-2А, ПЛ-1), фрезерные полосопрокладыватели с шириной захвата до 8–10 м, грунтомёты (ГТ-3), создающие полосу до 25 м и одновременно тушащие кромку пожара (рис. 1г), а также канавокопатели (ПКЛН-500А, ЛКН-600) и бульдозерные отвалы с мульчерами для расчистки просек. Для тушения пожаров применяются тяжёлые лесопожарные агрегаты на гусеничном ходу (ЛПА-521, ЛПМ-2, МТ-ЛБу-ГПМ-10) с ёмкостями для воды до 5 тонн, насосным оборудованием и средствами связи, а также лёгкие агрегаты (АЛП-0,2, АЛК-25) на базе тракторов, оснащённые воздуходувками, пеногенераторами и аппаратами для пуска встречного огня.



а)



б)



в)



г)

а) Плуг ПКЛ-70; б) Лесопосадочная машина МЛУ-1;
в) Мульчирователь МСБ-02; г) Грунтомёт ГТ-3
Рисунок 1 – Машины агрегатируемые

Таким образом, эффективность лесохозяйственных мероприятий достигается за счёт дифференцированного подхода к выбору тяговой техники и навесного оборудования на каждом технологическом этапе. Правильное агрегатирование тракторов различных классов со специализированными орудиями позволяет адаптировать технологические процессы к конкретным лесорастительным условиям, обеспечивая как продуктивность работ, так и сохранность лесных экосистем.

На сегодняшний день все отчётливей наблюдается устойчивая тенденция перехода агропромышленного комплекса к специализированным роботизированным платформам (рис. 2 а, б). В карьерной и строительной отраслях вектор развития смещен в сторону тяжелых беспилотных самосвалов, как шарнирно-сочлененных, так и специализированных компактных моделей (рис.2 д, е). Лесной комплекс не остается в стороне и направление, связанное с применение беспилотных машин, становится более перспективным (рис. 2 в, г) [4]. Ключевым здесь выступает необходимость повышения безопасности труда за счет исключения человека из опасных зон и стремление к круглосуточной эксплуатации техники для максимизации производительности.



а) б) в)



г) д) е)

а, б – сельское хозяйство; в, г – лесной комплекс; д, е – карьерная техника

Рисунок 2 – Применение беспилотных машин в отраслях народного хозяйства:

Объединяющей технической чертой всех представленных решений является отказ от классических кабин в пользу дистанционного управления или полной автономии на базе сенсорных систем [5]. Наблюдается повсеместный переход к электрическим или гибридным силовым установкам, что снижает эксплуатационные затраты и воздействие на окружающую среду.

К ключевым преимуществам беспилотной техники относится исключение оператора из зон с повышенным риском, что напрямую снижает травматизм. Кроме того, обеспечивается возможность круглосуточной работы без потери производительности, а повышенная точность позиционирования и выполнения операций минимизирует ошибки и долгосрочно снижает затраты на топливо и расходные материалы. Основные вызовы связаны с высокой первоначальной стоимостью сенсорного комплекса и самой машины, критической зависимостью от качества связи и навигации (включая устойчивость к глушению и рельефу), а также необходимостью создания новой инфраструктуры и подготовки квалифицированных кадров для обслуживания роботизированных комплексов. Отдельно стоит вопрос кибербезопасности и безопасного доступа к системам управления.

Для автономной навигации применяется мультисенсорная fusion-система, включающая лидары, радары, камеры и GNSS-приемники [6]. Ключевыми техническими параметрами таких систем являются: дальность действия, точность определения координат (сантиметровая при RTK-режиме), угол обзора, частота сканирования и разрешение камер [7]. Эти параметры определяют способность машины распознавать статические и динамические препятствия, строить карту местности и прокладывать маршрут в реальном времени.

Эффективная беспилотная работа требует создания наземной инфраструктуры. В первую очередь это базовая станция для усиления сигналов высокоточного позиционирования (RTK/PPP) и связи. Для обеспечения устойчивого канала управления в сложных условиях (лес, пересеченная местность) используются мобильные базовые станции на БПЛА или развертывание локальных сетей 5G/Private LTE. Рабочее место оператора может быть реализовано в трех

вариантах: мобильное (размещение в транспортном средстве сопровождения), стационарное (бытовка или пункт управления на краю участка) или полностью удаленное (офис в ближайшем населенном пункте) с выводом телеметрии и видеопотока.

Именно такая гибкость в организации рабочего места позволяет решить одну из наиболее острых проблем современной промышленности – нехватку молодых кадров для тяжелых и монотонных работ. Традиционно лесозаготовки, лесное и сельское хозяйство, а также карьерная добыча ассоциировались у молодых специалистов с физическим трудом, длительным нахождением в удалении от городов и низким уровнем комфорта, что приводило к оттоку молодежи из отрасли. Перевод оператора из кабины в офис или мобильный пункт управления кардинально меняет характер труда: вместо многочасового вождения техники или управления манипулятором в лесу специалист занимается мониторингом телеметрии, анализом данных и принятием решений в цифровой среде. Это смещает требования к кандидату с физической выносливости на навыки работы с программным обеспечением, сенсорными системами и алгоритмами – компетенции, которые близки и понятны молодому поколению. Возможность работать из офиса в ближайшем населенном пункте или даже удаленно из крупного города, сохраняя при этом высокую производительность участка, делает профессию оператора беспилотной техники привлекательной для молодежи и способствует закреплению кадров в отрасли. Таким образом, инфраструктурные решения по организации рабочего места выступают не только техническим, но и социальным инструментом кадрового обновления промышленности.

Вывод

Таким образом, применение беспилотных колесных и гусеничных машин в лесном хозяйстве является перспективным направлением. Оно позволяет решить проблему безопасности и нехватки кадров для тяжелых и монотонных работ.

Внедрение требует комплексного подхода: адаптации существующих технологий, разработки специализированного оборудования и создания соответствующей инфраструктуры связи и управления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию технологических схем и экономическое обоснование таких решений.

Список литературы

1. Бартенев И.М. Система машин в лесном хозяйстве: учебное пособие / И. М. Бартенев, Р.В. Юдин; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2018. – 213 с.

2. Технологии применения машин и оборудования в лесном комплексе: учебник / И. М. Бартенев; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2021. – 219 с.

3. Гончаров П.Э. Машины и механизмы лесного и лесопаркового хозяйства: учебное пособие / П.Э. Гончаров, И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2016 – 196 с.

4. Рогачев Д.И. Развитие Отечественной робототехники в лесной отрасли / Д.И. Рогачев, И.В. Козлов // Студенческий вестник. – 2020. – № 1-6(99). – С. 22-23.

5. Клубничкин В.Е. Автоматизация технологических процессов лесозаготовительной машины / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, Д.И. Рогачев // Научно-технический вестник Поволжья. - 2021. - № 12. - С. 114-117.

6. Клубничкин В.Е. Коллаборативная технология трелевки древесины / В.Е. Клубничкин // В сборнике: Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редактор А.А. Платонов. Воронеж, 2022. С. 26-31.

7. Клубничкин В.Е. Формирование облика гусеничных беспилотных трелевочных машин / В.Е. Клубничкин // Материалы XX Международной научно-технической конференции. «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» Вологда: ВГУ, 2022. С. 287-291.

References

1. Bartenev I.M. The system of machines in forestry: a textbook / I.M. Bartenev, R.V. Yudin; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VSUFT. – Voronezh, 2018. – 213 p.

2. Technologies for the use of machines and equipment in the forestry complex: a textbook / I.M. Bartenev; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VSUFT. – Voronezh, 2021. – 219 p.

3. Goncharov P.E. Machines and mechanisms of forestry and forest park management: a textbook / P.E. Goncharov, I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VSUFT. – Voronezh, 2016 – 196 p.

4. Rogachev D.I. Development of domestic robotics in the forest industry / D.I. Rogachev, I.V. Kozlov // Studencheskiy vestnik. – 2020. – № 1-6(99). – pp. 22-23.

5. Klubnichkin V.E. Automation of technological processes of a logging machine / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, D.I. Rogachev // Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. - 2021. - № 12. - pp. 114-117.

6. Klubnichkin V.E. Collaborative technology of wood skidding / V.E. Klubnichkin // In the collection: The modern forest complex of the country: problems and development trends. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. Editor-in-chief A.A. Platonov. Voronezh, 2022. pp. 26-31.

7. Klubnichkin V.E. Formation of the appearance of tracked unmanned skidding machines / V.E. Klubnichkin // Proceedings of the XX International Scientific and Technical Conference. «Actual problems of the development of the forest complex» Vologda: VSU, 2022. pp. 287-291.