DOI: 10.58168/CouForCom2026_244-249
УДК 630*3

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПРОТОТИПА КОНСТРУКЦИИ БЕСПИЛОТНОЙ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Суханов Ю.В., Иванов В.А.
Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

ON THE SELECTION OF A DESIGN PROTOTYPE FOR AN UNMANNED FORESTRY PLATFORM

Sukhanov Yu.V., Ivanov V.A.
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Аннотация: Рассмотрены перспективы и сложности применения наземных беспилотных решений в лесном хозяйстве. Показан подход к выбору существующих машин, конструкция которых может быть использована в качестве прототипа для создания отечественной беспилотной платформы.

Abstract: The article examines the prospects and challenges of using ground-based unmanned solutions in forestry. It considers approaches to selecting machines whose design can be used as a prototype for creating a domestic unmanned platform.

Ключевые слова: машинизация лесохозяйственных работ, беспилотная платформа, прототип, конструктивные требования.

Keywords: mechanization of forestry, unmanned platform, prototype, design requirements.

В отличие от лесозаготовительных процессов, процессы лесовосстановления и ухода за лесом машинизированны в недостаточной степени, причём это касается не только Российской Федерации, но и тех стран мира, где традиционно лесная отрасль считается самой передовой и где производят современные лесохозяйственные машины. Например, сегодня в Финляндии машинизированная посадка леса составляет только 4%, хотя по прогнозам финских учёных десятилетней давности доля машинизированной посадки леса должна была вырасти с 5% до 35% [1]. В соседней Швеции доля машинизированной посадки около 1%, хотя в конце XX века она достигала 12%, в основном за счёт машин Silva Nova [2]. Аналогичная ситуация с машинизацией посадки складывается и в других странах, включая Канаду, Германию, Бразилию. Доля машинизированного ухода в странах Скандинавии также остаётся низкой и составляет всего несколько процентов, а в Канаде и Бразилии по статистике доля машинизированного ухода выше, но только за счёт машин, которые вносят удобрения [3]. Такая ситуация объясняется в основном высокой стоимостью машин и их эксплуатации при недостаточном повышении производительности труда, а иногда и при снижении качества работ, что не позволяет им конкурировать с технологиями работ, где используются ручные или бензиномоторные инструменты.

© Суханов Ю. В., Иванов В. А., 2026

Сегодня в разных отраслях народного хозяйства начинают использовать беспилотные решения, что связано с развитием компьютерных технологий и алгоритмов, а также с доступностью датчиков, сенсоров и технологий связи. Например, сегодня известны беспилотные и роботизированные наземные машины для сельского хозяйства и горнодобывающей отрасли, появляются экспериментальные разработки и в лесной отрасли.

Относительно традиционных лесных машин, когда оператор находится в кабине трактора, внедрение беспилотных решений потенциально в будущем позволяет получить следующие преимущества:

– снижение общей массы МТА (машинно-тракторного агрегата), за счёт отсутствия, как самого оператора, так и кабины с органами управления, причём, чем более лёгкая машина, тем более существенный будет выигрыш, что позволит беспилотной машине перевозить больший груз или передвигаться на большее расстояние, относительно традиционного решения той же массы;

– отсутствие оператора и кабины позволяет упростить компоновку МТА и даёт возможность более рационально разместить рабочие органы или груз, так как не требуется продумывать расположение кабины и удобство попадания в нее человека, заботиться об обзорности из кабины при проведении работ и т.д.;

– беспилотные решения позволят отдалить оператора от места проведения опасных работ, а значит, и от опасных и вредных факторов, что позволит не заботиться о снижении уровня шума и вибраций или об эргономике в кабине, а также об уровне безопасности кабины (ROPS/FOPS);

– в отличие от человека с ручным или бензиномоторным инструментом, беспилотные машины в лесу могут работать и в тёмное время суток;

– если человеку ранее приходилось контролировать каждое движение беспилотной машины и ее рабочих органов, то, в будущем с развитием автоматизации, один оператор сможет управлять не одной, а сразу несколькими машинами, превращаясь из оператора в диспетчера, когда вмешиваться в работу автоматики придётся только в нештатных или сложных ситуациях, что позволит повысить производительность труда исходя из расчёта на одного работника;

– с развитием технологий связи оператор сможет больше находиться в населённом пункте, что позволит решить проблемы доставки работников в лес и создания комфортных условий для проживания в лесу во время вахты.

Технологическое отставание лесной отрасли от других отраслей экономики по направлению развития наземных беспилотных решений обусловлено рядом причин:

– постоянно изменяющиеся природно-производственные условия, характеризующиеся сложным рельефом, часто с резким перепадом высот, наличие труднопроходимых топких участков, препятствий в виде валунов, пней, упавших стволов деревьев и т. д.;

– возможность появления посторонних объектов или внезапных изменений: выход людей (туристов, охотников, грибников) или диких животных, падение деревьев, что делает лесную среду менее предсказуемой, чем карьер или сельскохозяйственные угодья;

– наличие высокой травы и густой листвы (проблема отличия деформируемых и недеформируемых препятствий), а также стволов оставшихся деревьев значительно ограничивает возможности автономной навигации с использованием камер и лидаров на лесной беспилотной машине;

– лесная инфраструктура расположена на обширных территориях и менее развита, чем у других отраслей народного хозяйства, что осложняет организацию работы, связи и транспортировки машин, людей и материалов;

– наземным беспилотным решениям для лесных задач требуется большая автономность, что делает использование ДВС (двигателя внутреннего сгорания) предпочтительным, в лесу машины сложнее обслуживать и ремонтировать;

– недостаток финансирования разработок лесохозяйственных машин.

Несмотря на множество проблем, активизация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию отечественных беспилотных и автономных решений для лесного хозяйства, особенно с учётом появления в стране большого количества специалистов по беспилотной технике и наличия множество организаций и компаний с компетенциями в разработке беспилотных решений, может рассматриваться как возможное решение застарелых проблем лесного хозяйства, связанных с недостатком кадров и низкой производительностью тяжелого ручного труда.

При этом за счёт преимуществ беспилотных решений, компоновка и массогабаритные характеристики беспилотных лесных машин могут заметно отличаться от современных лесных машин. Так на компоновку беспилотной платформы будут влиять и ограничения существующих технологий, пока недостаточные для полноценной автоматизированной работы манипулятора лесной машины [4]. Например, применяемыми сегодня посадочными машинами для сеянцев с закрытой корневой системой являются машины типа Bracke P11.a, M-Planter или Risutec PM, агрегатируемые на стрелу среднего экскаватора или тяжёлого харвестера. Применение подобного решения в беспилотном варианте не позволит решить главные проблемы таких машин – высокую стоимость рабочей и базовой машины, а также маломобильность решения при относительно низкой производительности. Использование для посадки беспилотных решений по типу Moritz Fr70/75 Planter позволяет заметно уменьшить массогабаритные характеристики машины, но вынуждает отказаться от стрелы и использовать активную фрезу для подготовки посадочного места, что приведёт к снижению производительности. Другим решением может быть разделение функций между двумя машинами – одна готовит посадочные места, а другая производит посадку по типу машины RoboFoR. С одной стороны, это позволит снять с машины, производящей посадку сеянцев, энергоёмкие функции подготовки посадочных мест, но, с другой стороны, потребует разработать способы нахождения борозды или дискретных посадочных мест на территории участка лесовосстановления. Аналогично беспилотный лёгкий харвестер для рубок ухода возможно будет трансформироваться в компактную беспилотную машину для работы под пологом леса без манипулятора с большим вылетом, напоминающим по компоновке Lokomo Makeri или гусеничный Bell Super T.

При классификации машин и механизмов по виду выполняемых операций следует обращать внимание [5], что выполнение той или иной операции ограничено конструкцией технологического оборудования, а состав технологического оборудования определяется параметрами базовой машины, которые не должны выходить за рамки лесоводственных требований к технологическому процессу и обеспечивать высокую рентабельность проведения работ.

Для выбора прототипа конструкции беспилотной лесохозяйственной платформы необходимо не только проанализировать востребованные лесохозяйственные работы, но и оценить существующие технические и технологические ограничения, негативно влияющие на возможность автоматизации некоторых работ. Ранее в СССР были разработаны системы машин, которые содержали технические средства, выпускаемые промышленностью [6], где все лесохозяйственные работы делились по видам работ и лесорастительным зонам, что позволяло систематизировать и классифицировать существующие в то время машины и помогало решать, в том числе, задачи координации научно-исследовательских работ при модернизации существующих и создании новых лесохозяйственных машин. Сегодня эта классификация несколько устарела, в том числе потому, что не включает некоторые типы машин, но ее можно использовать как основу для классификации работ по энергоёмкости. Так к работам лёгкого класса можно отнести: посев семян, химическую защиту леса; средний класс: внесение удобрений, обработка почв культиватором/бороной/катком/рыхлителем, сбор семян, трелевка древесины на рубках ухода; к тяжелым работам: посадка сеянцев, фрезеровка почвы, удаление гумусового слоя почвы; к сверхтяжелым: корчевка пней, расчистка от нежелательной ДКР, гидролесомелиорация. Такая классификация позволяет сделать вывод, что за исключением операций, связанных с обработкой почвы, работы по лесовосстановлению и агротехническому уходу не требуют тяжелых машин и механизмов, а это позволяет предположить, что в качестве прототипа беспилотной платформы могут рассматриваться и средства малой механизации [7].

При формулировании требований к конструкции прототипа лесохозяйственной беспилотной платформы были проанализированы объёмы лесохозяйственных работ двух лесозаготовительных компаний Республики Карелия. В результате анализа были выделены лесохозяйственные работы, выполняемые арендаторами и их подрядчиками в наибольших объёмах: посадка и посев культур, дополнение, уход, подготовка почвы и прочистка минерализованных полос. Анализ конструкций с учётом типа движителя, типа двигателя и его мощности, конструкции рамы и трансмиссии, и имеющихся у прототипа рабочих органов позволил подобрать в качестве прототипа мини-трелёвщик IH2090 PW Flex [8]. Технические характеристики прототипа могут быть использованы для описания требований к технической части беспилотной лесохозяйственной платформы.

С учётом ограничений существующих технологий для реализации автономного движения в лесу [9], использование беспилотных решений может привести к изменению подхода к планированию и проведению работ. Например, может потребоваться предварительная оценка с БПЛА территории работы

наземных беспилотных машин для выявления участков, исключаемых из работы (каменистые, топкие, ветровальные участки) и предварительное планирование миссий беспилотных машин. А для решения проблем с поиском сеянцев при уходе за ними можно использовать предварительно собранные данные в ходе посадки сеянцев на предыдущем подходе, включая координаты каждого сеянца, полученные с использованием технологий глобального позиционирования с RTK-поправками или UWB-технологий, и сохранённые при создании цифрового двойника территории [10].

Таким образом, в настоящее время в России есть производства способные наладить у себя выпуск подобных беспилотных платформ, способных уменьшить объёмы тяжёлого ручного труда и повысить производительность лесохозяйственных работ, что должно снизить кадровый голод в отрасли.

Список литературы

1. Evaluation of the productivity and costs of excavator-based mechanized tree planting in Finland based on automated data collection / K. Kemppainen, K. Kärhä, Ju. Laitila [et al.] // Silva Fennica. – 2025. – Vol. 59, № 1. – DOI: 10.14214/sf.25004.

2. Mechanized tree planting in Sweden and Finland: Current state and key factors for future growth / B.T. Ersson , T. Laine , T. Saksa // Forests. – 2018. – Vol. 9(7). – p. 370. – DOI: 10.3390/f9070370

3. Ramantswana M. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review / M. Ramantswana, S.Ph.S. Guerra, B.T. Ersson // Current Forestry Reports. – 2020. – Vol. 6, № 2. – pp. 143-158. – DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.

4. Reinforcement Learning Control of a Forestry Crane Manipulator / J. Andersson, K. Bodin, D. Lindmark [et al] // 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – 2021. – pp. 2121-2126. – DOI: 10.1109/IROS51168.2021.9636219

5. Полукаров М.В. Классификация лесосечных машин и механизмов по виду выполняемых операций / М.В. Полукаров, Ф.Г. Беляйков, А.В. Мехренцев // Лесной вестник. – 2007. – № 8. – С. 133-136.

6. Машков С.В. История развития отечественной системы сельскохозяйственных машин и анализ технической обеспеченности предприятий в настоящее время / С.В. Машков, В.А. Прокопенко // Никоновские чтения. – 2018. – № 23. – С. 346-349.

7. Даимова Ф.Д. Беспилотные платформы как современный аналог мобильных средств малой механизации / Ф.Д. Даимова, В.А. Иванов, Ю.В. Суханов // Научное сопровождение в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: современные проблемы и тенденции развития, Рязань, 28 февраля 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 40-44.

8. The IronHorse. Classic & Flex. Lennartsfors AB. 2018-01-01. 16 p. URL: http://media.lennartsfors.com/2018/03/Product-information-The-IH-Classic-and-Flex-2018-ENG2.pdf

9. Ben Abdallah F. Autonomous Navigation of a Forestry Robot Equipped with a Scanning Laser / F. Ben Abdallah, A. Bouali, P.J. Meausoone // AgriEngineering. – 2023. – Vol. 5, № 1. – pp. 1-11. – DOI: 10.3390/agriengineering5010001.

10. Sukhanov Yu. Data collection method for creating digital twin of planted forests / Yu. Sukhanov, A. Vasilev // Гласник Српског географског друштва. – 2025. – Vol. 105, № 1. – pp. 127-138. – DOI: 10.2298/gsgd2501127s.

References

1. Evaluation of the productivity and costs of excavator-based mechanized tree planting in Finland based on automated data collection / K. Kemppainen, K. Kärhä, Ju. Laitila [et al.] // Silva Fennica. – 2025. – Vol. 59, № 1. – DOI: 10.14214/sf.25004.

2. Mechanized tree planting in Sweden and Finland: Current state and key factors for future growth / B.T. Ersson , T. Laine , T. Saksa // Forests. – 2018. – Vol. 9(7). – p. 370. – DOI: 10.3390/f9070370

3. Ramantswana M. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review / M. Ramantswana, S.Ph.S. Guerra, B.T. Ersson // Current Forestry Reports. – 2020. – Vol. 6, № 2. – pp. 143-158. – DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.

4. Reinforcement Learning Control of a Forestry Crane Manipulator / J. Andersson, K. Bodin, D. Lindmark [et al] // 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – 2021. – pp. 2121-2126. – DOI: 10.1109/IROS51168.2021.9636219

5. Polukarov M.V. Classification of logging machines and mechanisms by the type of operations performed / M.V. Polukarov, F.G. Belyaykov, A.V. Mekhrentsev // Lesnoy Vestnik. – 2007. – № 8. – pp. 133-136.

6. Mashkov S.V. The history of the development of the domestic system of agricultural machinery and analysis of the technical support of enterprises at the present time / S.V. Mashkov, V.A. Prokopenko // Nikonov Readings. – 2018. – № 23. – Pp. 346–349.

7. Daimova F.D. Unmanned platforms as a modern analogue of mobile small-scale mechanization tools / F.D. Daimova, V.A. Ivanov, Yu.V. Sukhanov // Scientific support in the agro-industrial complex, forestry and the hospitality sector: modern problems and development trends, Ryazan, February 28, 2025. – Ryazan: P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, 2025. – pp. 40–44.

8. The IronHorse. Classic & Flex. Lennartsfors AB. 2018-01-01. 16 p. URL: http://media.lennartsfors.com/2018/03/Product-information-The-IH-Classic-and-Flex-2018-ENG2.pdf

9. Ben Abdallah F. Autonomous Navigation of a Forestry Robot Equipped with a Scanning Laser / F. Ben Abdallah, A. Bouali, P.J. Meausoone // AgriEngineering. – 2023. – Vol. 5, № 1. – pp. 1-11. – DOI: 10.3390/agriengineering5010001.

10. Sukhanov Yu. Data collection method for creating digital twin of planted forests / Yu. Sukhanov, A. Vasilev // Гласник Српског географског друштва. – 2025. – Vol. 105, № 1. – pp. 127-138. – DOI: 10.2298/gsgd2501127s.