

Развитие беспилотных транспортно-технологических систем промышленного лесопользования

Н.В. Казаков, А.В. Абузов

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В статье рассмотрены аспекты промышленного лесопользования на базе автоматизации управления средствами локального позиционирования, инженерных и информационных технологий беспилотной индустрии. Созданы и апробированы оригинальные алгоритмы автоматического управления беспилотными техническими системами и контактными элементами технологического оборудования под пологом леса, непосредственно реализующие операции технологического процесса. Разработаны и зарегистрированы программные комплексы для сбора данных и управления информационными потоками, обеспечивающие устойчивое функционирование средств локального позиционирования последнего поколения. Предложены конструкции, способы и архитектура беспилотных систем наземного, подвесного и воздушного типа для задач промышленного лесопользования, ухода за лесами, расположенными на особо охраняемых природных территориях и производств, косвенно связанных с лесом или лесными землями.

Ключевые слова: автоматизация, цифровизация, метод, алгоритм, синтез, технология, позиционирование, способ управления, цифровая модель, моделирование.

Отечественная наука имеет надежную теорию и практику управления роботизированными системами различного назначения. Однако, целый ряд технических и экономических проблем препятствуют разработкам и не позволяют создать специальный автономный лесопромышленный робот, который мог бы успешно функционировать в реальных условиях эксплуатации под пологом леса, где нет сигнала или практическая точность доступной глобальной навигации измеряется метрами [1], а для наведения контактных элементов оборудования на объекты требуется точность, в сто раз большая. Анализ альтернативных средств динамически-глобального и локального позиционирования в реальных лесах, показали также их практическую несостоятельность, как в точности, так в сложности и стоимости их реализации [2, 3]. При этом, системе управления и сенсорному оборудованию не должны мешать осадки, туман, плохая видимость ночью или блики солнца. Известно, что на сегодняшний день пока не существует ни

одной системы технического зрения и распознавания объектов с доверительной точностью для гарантированной безопасности функционирования промышленных роботов среди людей. Фактически доступные системы технического зрения дороги и далеки от совершенства. Всегда есть и будет погрешность в точности глобальной и локальной навигации, позиционирования элементов исполнительного оборудования роботов, распознавания препятствий и других задач [4, 5]. Конечно, существуют и практически применяются алгоритмы, компенсирующие неточности позиционирования, быстро совершенствуются технические системы распознавания объектов и тому подобные алгоритмы, но они плохо приспособлены для автономных систем в условиях больших неопределенностей. Кроме того, необходимо обеспечить работоспособность БТС в автоматическом режиме управления, что предопределяет использование адаптивных беспойсковых алгоритмов с обратной связью [4, 6]. Одним из эффективных методов является использование виртуального пространства среды функционирования [5, 7].

Проведенные авторами исследования в области беспилотных транспортно-технологических систем (далее БТС) показали, что решить прикладную для промышленного лесопользования, задачу позиционирования с требуемой точностью исполнительных элементов технологического оборудования можно только при комплексном подходе к автоматизации процессов и основных операций, включая работы по информатизации лесных ресурсов и участков, как среды функционирования техники [6]. Анализ средств управления БТС показал, что в настоящее время обеспечить сантиметровую точность местоположения реальных условиях возможно только с применением локального позиционирования [3, 5, 8].

В соответствии с концепцией, комплексная автоматизация, разрабатываемая БТС, состоит из следующих основных блоков:

- непосредственно беспилотной транспортной системы, технологического оборудования, системы автоматического управления (далее САУ), включающей блок приборов и сенсоров, и платформу программных средств [1, 2, 9].

Для решения указанной задачи в условиях реального леса авторами предложена конструкция БТС, защищенная патентом [10], на рис. 1 показана схема БТС, где ходовая часть 1, выполнена в виде шарнирных соединений 2 модулей моногусеничных движителей и технологического оборудования 3, а бортовая информационно-управляющая система комплектуется блоком программы управления и средствами локального позиционирования.

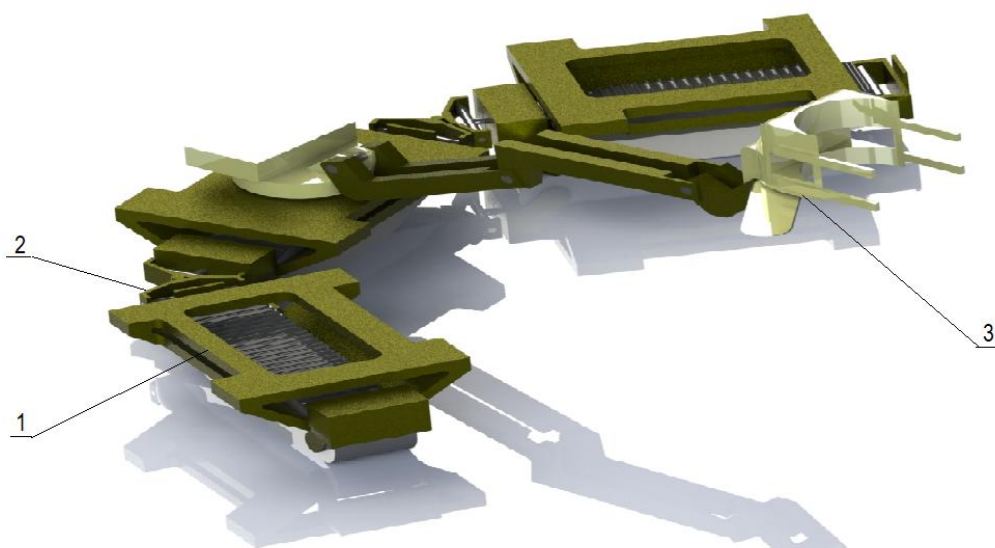


Рис.1. – Схема конструкции БТС

В процессе перемещения модули моногусеничных движителей 1 гибко копируют рельеф местности за счет шарнирных соединений 2, а на технологических стоянках блокируются подвижные элементы ходовой части силовыми приводами шарнирных соединений 2, придавая конструкции

требуемую жесткость, что обеспечивает равномерное распределение нагрузки на грунт по всей длине ходовой части и повышение устойчивости машины в процессе выполнения технологических операций. Управление модульной ходовой частью производят известным способом САУ БТС, а блокировку подвижных элементов для технологических операций выполняют после остановки и стабилизации движителей путем запирания силовых приводов в обоих направлениях движения (например для гидроцилиндров применяется сдвоенный обратный клапан), зафиксировав их в нужном положении. Затем разворачивают оборудование 3 и производят рубку деревьев известным способом.

Количество модулей моногусеничных движителей, состав и расположение технологического оборудования определяются отдельно для каждого способа лесопользования.



Рис. 2. – Фрагмент виртуального испытания управления работы технологическим оборудованием и модели БТС

БТС прошло виртуальные испытания (компьютерное 3D визуально-математическое моделирование см. рис. 2) в рамках совместного пилотного проекта с ТОГУ «Центр космических технологий».

В настоящее время прорабатывается технология испытания САУ БТС в составе экспериментального образца беспилотного управления на базе трелевочной машины отечественного производства.

Разработанный метод и алгоритм управления БТС дают возможность прецизионно выполнять технологическое задание, а также обеспечить точность позиционирования и управления под сомкнутым пологом леса, что повышает производительность, экономит энергию и время.

Литература

1. Точность и помехозащищённость: как функционирует и развивается российская навигационная система «ГЛОНАСС» // URL: ru.rt.com/mn73/.
2. Morales D.O., Westerberg S., La Hera P.X., Mettin U., Freidovich L., Shiriaev A.S. Increasing the Level of Automation in the Forestry Logging Process with Crane Trajectory Planning and Control. *Journal of Field Robotics*, Volume 31, Issue 3, 2014. - P. 343-363.
3. Parker R., Bayne K., Clinton P.W. Robotics in forestry. *New Zealand Journal of Forestry*. 2016. // URL: researchgate.net/publication/301650438/.
4. Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Земляков С.Д. Адаптивное координатно-параметрическое управление нестационарными объектами. - М.: Наука, 1980. -244 с.
5. Афанасьев В.О., Бровкин А.Г., Корниевский А.Н., Подобедов В.П., Семченко В.С., Томилин А.Н. Исследования и разработка системы интерактивного наблюдения индуцированной виртуальной среды (системы

виртуального присутствия) // Космонавтика и ракетостроение. 2001. № 20. С. 14-18.

6. Казаков Н.В. Промышленное лесопользование. Цифровизация и автоматизация: Монография – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 188 с.

7. Боженюк А.В., Герасименко Е.М. Разработка алгоритма нахождения максимального потока минимальной стоимости в нечеткой динамической транспортной сети // Инженерный вестник Дона, 2013. № 1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1583/.

8. Садетдинов М.А., Кривошеева Р.Н. Метод реконструкции систем автоматического управления лесозаготовительных машин // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 (45) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4279.

9. Казаков Н.В., Кривошеева Р.Н. Программный комплекс для информационно-управляющей системы лесозаготовительного предприятия / Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016617425. – М.: Роспатент. – 2016. – Бюл. №8. URL: fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=caca71aa684a49dd9d8ce6691131debb

10. Казаков Н.В., Абузов А.В. Машина для лесопользования / Пат. 2761884 РФ, А01G 23/00. – № 2021113101; заявл. 05.05.2021. опубл.: 13.12.2021. – Бюл. №35. URL: fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2016617425&TypeFile=html

References

1. Tochnost' i pomehozashhishhjonnost': kak funkcioniruet i razvivaetsja rossijskaja navigacionnaja sistema «GLONASS» [Accuracy and Interference: How the Russian GLONASS navigation system functions and develops]. URL: <https://ru.rt.com/mn73/>.

2. Morales D.O., Westerberg S., La Hera P.X., Mettin U., Freidovich L., Shiriaev A.S. Journal of Field Robotics, Volume 31, Issue 3, 2014, pp. 343-363.



3. Parker R., Bayne K., Clinton P.W. New Zealand Journal of Forestry. 2016. URL: researchgate.net/publication/301650438/.
4. Petrov B.N., Rutkovskij V.Ju., Zemljakov S.D. Adaptivnoe koordinatno-parametricheskoe upravlenie nestacionarnymi ob'ektami [Adaptive coordinate-parametric control of non-stationary objects] M.: Nauka, 1980, 244 p.
5. Afanas'ev V.O., Brovkin A.G., Kornievskij A.N., Podobedov V.P., Semchenko V.S., Tomilin A.N. Kosmonavtika i raketostroenie. 2001, № 20 pp. 14-18.
6. Kazakov N.V. Promyshlennoe lesopol'zovanie. Cifrovizacija i avtomatizacija [Industrial forestry. Digitalisation and automation] Moskva; Vologda: Infra-Inzhenerija, 2022, 188 p.
7. Bozheniuk A.V., Gerasimenko E.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1583/.
8. Sadetdinov M.A., Krivosheeva R.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4279/.
9. Kazakov N.V., Krivosheeva R.N. Programmnyj kompleks dlya informacionno-upravlyayushhej sistemy` lesozagotovitel'nogo predpriyatiya [Software package for the information management system of a forestry enterprise] Rospatent, Moskva, 2016, Bjul. №8. URL: fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2016617425&TypeFile=html
10. Kazakov N.V., Abuzov A.V. Mashina dlya lesopol'zovaniya [Machine for forest management] Pat. 2761884 RF, 2021, Bjul. №35. URL: fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=0b5f52af82900c527378f0cf5b4e9209