

УДК 630*3, 681.51

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Казakov Николай Владимирович

*доктор технических наук, доцент, Тихоокеанский государственный университет,
г. Хабаровск, Россия, kazakov.nikolay@mail.ru*

Абузов Александр Викторович

*доктор технических наук, доцент, декан, Тихоокеанский государственный университет,
г. Хабаровск, Россия, 006195@pnu.edu.ru*

Аннотация: В работе рассмотрены аспекты автоматизации процессов управления промышленным лесопользованием на базе средств локального позиционирования последнего поколения. Приведен алгоритм информационных потоков, отражающих процедуры программного управления техническими системами, реализующими технологический процесс. Предложены способ и архитектура программно-аппаратных средств локального позиционирования контактных элементов технологического оборудования под пологом леса, как основа системы автоматизированного управления беспилотными установками для лесопользования, ухода за лесами, расположенными на особо охраняемых природных территориях и производств, косвенно связанных с лесом.

Ключевые слова: Автоматизация, лесопользование, способ, алгоритм, программа, архитектура, средства, позиционер, система.

TECHNICAL MEANS OF AUTOMATION CONTROL OF INDUSTRIAL FOREST MANAGEMENT PROCESSES

Kazakov Nikolay Vladimirovich

*Doctor of Technical Sciences, associate professor, Pacific National University, Khabarovsk,
Russia, kazakov.nikolay@mail.ru*

Abuzov Alexander Viktorovich

*Doctor of Technical Sciences, associate professor, dean, Pacific National University,
Khabarovsk, Russia, ac-systems@mail.ru*

Abstract: The paper considers aspects of automation of industrial forest management processes based on the latest generation of local positioning tools.

An algorithm of information flows reflecting the procedures for programmed control of technical systems that implement the technological process is presented. A method and architecture of software and hardware for local positioning of contact elements of technological equipment under a forest canopy is proposed, as the basis for an automated control system for unmanned installations for forest use, care for forests located in specially protected natural areas and industries indirectly related to the forest.

Keywords: Automation, forest management, method, algorithm, program, architecture, means, positioner, system.

Введение. Процессы управления промышленным лесопользованием достаточно насыщены автоматическими системами контроля технического состояния применяемых машин, автоматизированными программными комплексами и датчиками учета и раскроя заготовленной древесины, однако практически не используются технические средства автоматической наводки контактных элементов технологического оборудования на предмет труда и в целом автоматизированного управления операциями и движением машин в реальных условиях эксплуатации [1]. Это в первую очередь связано с трудностями применения известных технических систем машинного зрения и работой машин под пологом леса, где существенно затруднено функционирование глобальных и различного вида локальных систем позиционирования, которые на сегодня не способны обеспечить требуемую точность позиционирования в пространстве и, соответственно, не способны обеспечить обратную связь для систем автоматизированного управления движением машин, не говоря об автоматическом выполнении технологических операций [2]. Тем не менее, в практике деревообработки, промышленного машиностроения и других отраслях широкое распространение получили автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), служащие для оперативного управления техническими установками, станками и устройствами в производстве, обеспечивающие снижение трудоемкости и повышение производительности и качества изготавливаемой продукции [1, 3, 4].

При этом основной задачей всего спектра технических средств АСУ ТП является освобождение человека-оператора от рутинной работы по сбору и формализации информации о состоянии объекта управления и его компонентов, а также освобождение от механических действий, направленных на изменение состояния исполнительного оборудования, т. е. на начальном и конечном этапах цикла автоматического управления [4].

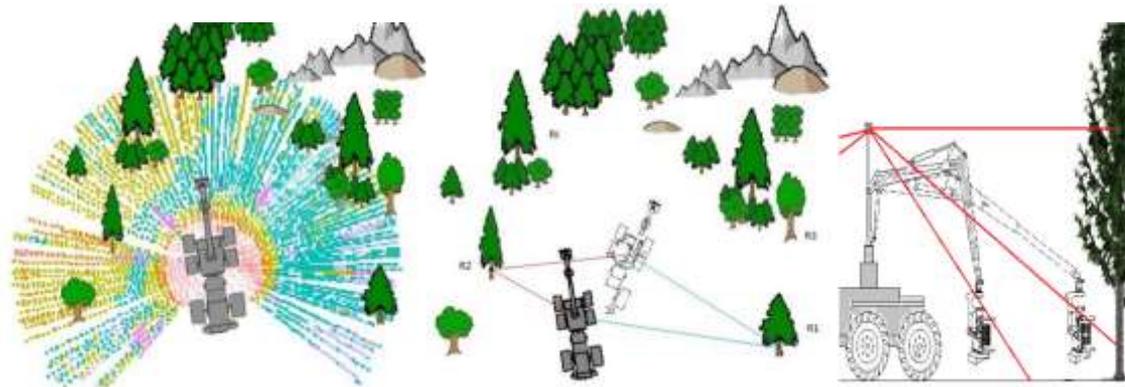
В настоящее время комплексная автоматизация производственных процессов включает совокупность мероприятий по разработке новых, прогрессивных технологических процессов и проектированию на их основе высокопроизводительного технологического оборудования, способного выполнять рабочие и вспомогательные процессы в реальных природных условиях без непосредственного участия человека [1, 3, 4].

Материалы и методы исследования. Методически современные автоматизированные системы управления технологическими процессами и информационными потоками достаточно хорошо изучены и практики включают совокупность аппаратных, технических, технологических и программных средств,

обеспечивающих тесное взаимодействие лиц, принимающих решения, сотрудников и специалистов и непосредственно процессы управления производством [3].

Математическое моделирование информационных потоков, отражающих управление технологическими операциями и в целом процессами современного лесопользования, позволило сформулировать гипотезу о теоретической возможности практического управления беспилотными установками для лесопользования под пологом леса. Формализация концепции и её имитационное моделирование, в рамках экологического равновесия, производительности и экономической эффективности выявили ряд технических и технологических противоречий в существующих способах промышленного лесопользования [1, 5]. В целях устранения указанных противоречий было произведено трехмерное моделирование беспилотной установки для лесопользования, способной эффективно функционировать в заданных жестких технологических и природных условиях эксплуатации [1]. Экспериментальные исследования трехмерной модели конструкции беспилотной установки для лесопользования в лабораторных и виртуальных полевых условиях позволили доказать работоспособность гипотезы и эффективность разработанных алгоритмов и программно-аппаратных средств, обеспечивающих заданную точность локального позиционирования контактных элементов технологического оборудования (КЭТО) под пологом леса. Алгоритм и средства формирования цифрового двойника древостоя и рельефа лесного участка, включающие лазерную локацию, отличаются от известных способов системной унификацией информации, как для подготовительных, так и основных работ на лесосеке, где используются в АСУ ТП в качестве обратной связи с реальностью, представлен в работе [1].

Архитектура АСУ ТП строится на информации, непосредственно получаемой от технических (программно-аппаратных) средств высокоточного локального позиционирования (ТСЛП), чем обеспечивается постоянная обратная связь беспилотной установки с реальной местностью и деревьями Ri лесосеки, выполняющими опции дорожных знаков (S^{03}). Разработанный метод комплексирования беспилотных машин ТСЛП контактных элементов технологического оборудования (КЭТО) в реальных условиях под пологом леса (рис. 1, схемы приведены для одной плоскости) подробно изложен в работах [1, 5].

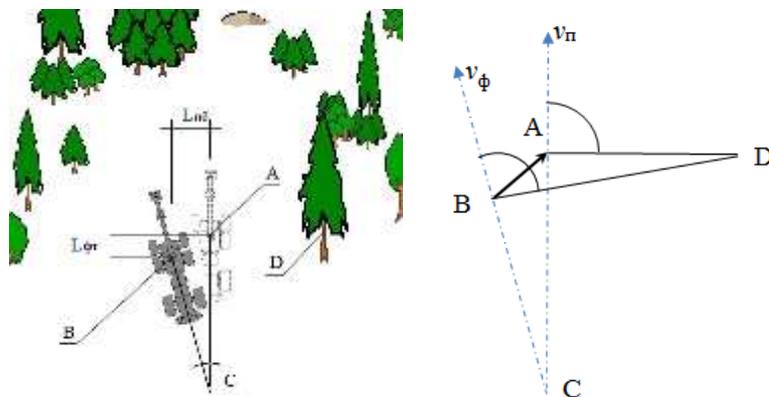


где, $R_1 - R_3$ – стартовые дорожные знаки $S^{об}$, Ri – текущие дорожные знаки
Рисунок 1. Схема функционирования технических средств позиционера для идентификации и коррекции положения оборудования и машины.

Указанный подход был положен в основу системы автоматизированного управления (САУ) машин для лесопользования, и технически может быть применен и для других способов пользования лесами, включающими сооружение просек под линии электропередачи других линейных объектов, уходом за заповедными лесопарковыми и другими насаждениями [1].

Алгоритмы корректировки фактического положения машины и КЭТО на основе информации обратной связи с реальной местностью, представлены на рисунке 2.

Система управления информационными потоками, отражающими технологические операции и процесс в целом, работает следующим образом: машина выдвигается на стартовую позицию и выполняет сбор текущей информации о реальной лесосеке с помощью бортового комплекса ТСЛП и последующую обработку данных. Далее выполняется процедура идентификации фактического положения деревьев, в зоне действия бортового сканера и возможных преград на пути следования машины.



a – схема отклонений позиционирования машины; b – схема коррекции позиционирования;
 A – плановая опорная точка и B – фактическая; D – дерево, подлежащее рубке;
 C – угол отклонения; $B-D$ – корректировка вылета и $v_φ-B-D$ – угла поворота манипулятора

Рисунок 2. Схема работы позиционера и программной системы расчета коррекции положения машины и оборудования в одной плоскости

Для описания алгоритмов введем понятие опорной точки O^T машины, соответствующей центру в плоскости поворотной платформы технологического оборудования. Перемещение машины (осуществляется в соответствии с его программой управления) по смоделированной трассе от стартовой к первой технологической стоянке, где выполняет соответствующую итерацию действий, предусмотренных технологическим заданием и далее к i -й стоянке вплоть до выполнения всей программы управления и соответственно, освоения лесосеки. В случае расхождения данных позиционирования фактической стартовой точки и ее виртуального образа (см. рис. 2) выполняется корректировка программы САУ машин на величину стартовой ошибки позиционирования опорной точки O^T машины и соответственно синхронизация виртуальной и реальной лесосеки.

Корректировка позиционирования опорной точки O^T машины и КЭТО выполняется методом, предложенным в работе [6] с учетом ограничений накладываемых условиями реальной лесосеки, в соответствии с разработанными алгоритмами и по схеме, представленной на рис. 2. Определяется траектория перемещения машины, начиная со стартовой точки вероятно не совпадающей с планом x_i (1) в требуемую точку x'_i (2):

$$(x_i, y_i, z_i), i = 0, \dots, (n-1), \quad (1)$$

где, n - расстояние между соседними узлами сетки

$$(x'_i, y'_i, z'_i), i = 0, \dots, (n-1), \quad (2)$$

Преобразование данных (2) выполняются таким образом, чтобы стартовая и требуемая точки траектории, после корректировки позиционирования опорной точки O^T машины совпали, т. е. выполнялось условие (3):

$$x'_0 = x_0, y'_0 = y_0, z'_0 = z_0, x'_{n-1} = x_{n-1}, y'_{n-1} = y_{n-1}, z'_{n-1} = z_{n-1}, \quad (3)$$

Корректировка траектории позиционирования опорной точки O^T машины производится путем замены её траектории на полином порядка m :

$$x'_i = F_m(i) = \sum_{j=1}^m ax_j i^{m-j}, \quad (4)$$

где, коэффициенты полинома ax_j аналогичны для координат y и z , и соответственно находятся из системы линейных алгебраических уравнений, предложенных в работе [6].

Результаты. В результате сформирован математический аппарат для решения прикладной задачи локального позиционирования КЭТО в условиях неопределенностей характеристик лесосеки.

Таким образом, разработанные алгоритмы, математические зависимости и

комплекс программно-аппаратных средств комплексированные в САУ беспилотных машин, обеспечивает упорядоченное их движение по смоделированной траектории и компенсационную корректировку положения КЭТО в реальных условиях под пологом леса.

Заключение. В настоящее время известны несколько концепций беспилотных систем для лесопользования, управляемых по телекоммуникационным каналам различной сложности [7, 8 и др.]. В отличие от существующих на сегодня прототипов предложенный подход локального определения местоположения машины не нуждается в наличии постоянного интернет-канала и в глобальных системах позиционирования, на штатном комплекте приборов обеспечивает высокую точность движения машины и наведения КЭТО на предмет труда, что потенциально обеспечивает устойчивую обратную связь для САУ машин под пологом леса, и соответственно надежность функционирования в реальных природно-производственных условиях.

Литература.

1. Казаков Н.В. и др. Моделирование лесосечных работ. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – 206 с.
2. Петровский В.С. Автоматизация лесопромышленных предприятий : Учеб. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 304 с.
3. Старостин А.А. и др. Технические средства автоматизации и управления : Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 168 с.
4. Фурсенко С.Н. и др. Автоматизация технологических процессов. – М.: Инфра-М, 2015. – 377 с.
5. Казаков Н.В. и др. Методы учета древостоев лесосек и мониторинга произведенной продукции // Лесн. журн. 2017. № 5. – С. 103–109. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Горитов А.Н. Моделирование роботов-манипуляторов с учетом внешней среды // Ползуновский вестник № 2/1. 2012. – С 107-111.
7. The forest industry platform - В.R.A.I.N. – Режим доступа: <https://mikaelnas.com/brain> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. англ.
8. Swedes try next steps for forest machine automation. – Режим доступа: <https://woodweek.com/index.cfm?id=601>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. англ.