

Научная статья

УДК 630.311

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.3.34>

EDN: WYQFWQ

Новая технология отвода лесосек с применением беспилотных авиационных аппаратов и радиомаяков

П. И. Костин[✉], М. А. Быковский

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана,
Российская Федерация, 141005, Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1
pavelllkostinnn@gmail.com[✉]

Аннотация. *Введение.* Отрасль лесного хозяйства является одной из наиболее противоречивых и консервативных. С одной стороны, Российская Федерация занимает одно из лидирующих мест по объёмам лесных ресурсов, с другой стороны, доля лесного сектора в ВВП страны не составляет и одного процента. Это свидетельствует о наличии проблем, сдерживающих развитие лесного комплекса, которые наблюдаются на разных уровнях лесопользования и лесозаготовок – от отвода и таксации лесосек, системы охраны и защиты лесов до уровня материально-технического, научного и кадрового обеспечения. В настоящее время, помимо прочих проблем, наблюдается повышение объёмов незаконных вырубок и недостаток высококвалифицированных кадров и технологий для работы в лесном хозяйстве и лесной промышленности, что приводит к нарушениям границ лесосек и отсутствию достоверных данных о них. В последнее время тема лесной отрасли достаточно широко обсуждается на верхних уровнях государственной власти в части стратегического планирования развития. «Стратегия развития лесного комплекса до 2030 года», утверждённая Правительством РФ 11 февраля 2021 года, предполагает комплексную модернизацию сферы, одной из основных задач которой является цифровизация отрасли. *Цель* исследования – разработка технологии отвода лесосек при помощи беспилотных летательных аппаратов в рамках реализации нацпроекта «Беспилотные авиационные системы» до 2030 года и приказа Рослесхоза № 608, устанавливающего необходимость обеспечения лесных хозяйств регионов техникой и оборудованием, необходимым для патрулирования лесов, в т. ч. БПЛА, а также в рамках стратегии устойчивого развития лесного комплекса. *Объект и методы.* Способ отвода лесосек. Анализ данных, находящихся в источниках свободного доступа, анализ нормативно-правовой базы, регулирующей сферу лесного хозяйства, сравнение результатов исследований. *Результаты.* Обоснована эффективность отвода лесосеки с использованием БПЛА, оснащённых системой сброса радиомаяков в нужных координатах, для закрепления границ лесосеки на местности. Приведены расчёты экономических затрат на применение данной системы, точности сброса маяков, эффективности применения новой технологии, который показывает сокращение трудовых затрат на отвод лесосек в сравнении с традиционным способом. *Выводы.* Применение разработанной технологии значительно повышает эффективность процесса отвода лесосек, сокращает трудоёмкость и увеличивает точность закрепления границ лесосеки.

Ключевые слова: отвод лесосек; лесное хозяйство; лесной сектор; БПЛА; беспилотник; радиомаяк; стратегическое планирование; технологии; эффективность; цифровизация; разметка лесосеки; система сброса

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Костин П. И., Быковский М. А. Новая технология отвода лесосек с применением беспилотных авиационных аппаратов и радиомаяков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 3 (63). С. 34–43. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.3.34>; EDN: WYQFWQ

© Костин П. И., Быковский М. А., 2024

Введение

XXI век характеризуется активным повсеместным внедрением и применением информационных технологий. Особого внимания заслуживает отрасль лесного хозяйства, где уровень цифровизации и технологической оснащённости является недостаточно высоким. Для более инновационного развития отрасли необходимо решение ряда проблем, связанных с использованием устаревших технологий, машин и оборудования с высокой долей ручного труда и низкой производительностью, практически полным отсутствием технологий цифровизации и автоматизации.

Особого внимания заслуживает отрасль лесного хозяйства, где уровень цифровизации и технологической оснащённости является недостаточно высоким. Учитывая лидирующие позиции России в мировом сообществе по объёмам запасов древесины, когда площадь лесов составляет почти половину площади страны, насчитывая около 770,7 млн. га, можно объективно считать деревообрабатывающую отрасль одной из наиболее значимых для экономики страны. Однако фактическая ситуация в лесной отрасли позволяет расценивать её как одну из наименее доходных, наиболее проблемных и сложных. Об этом свидетельствует и тот факт, что доля лесной отрасли в ВВП страны не превышает и одного процента, а объёмы финансирования на цели развития лесного хозяйства (расходы) значительно превышают доходы от платежей за использование лесов.

Под лесной промышленностью понимается совокупность отраслей промышленности, занимающихся заготовкой древесины и последующей деревообработкой, а также производством готовой продукции из переработанных материалов. Ежегодно отмечается рост таких видов продукции, как пиломатериалы, фанера, древесностружечные и древесно-волокнистые плиты, производство бумаги и картона, в том

числе мелованных видов, для полиграфической и пищевой промышленности, а также бумаги и изделий санитарно-гигиенического назначения. Однако для более инновационного развития отрасли необходимо решение ряда проблем, связанных с недостатком мощностей по глубокой переработке, использованием устаревших технологий, машин и оборудования с высокой долей ручного труда и низкой производительностью, практически полным отсутствием технологий цифровизации и автоматизации, высоким износом основных производственных фондов, низкой инвестиционной активностью и других проблем.

Согласно целям и задачам «Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года»¹, ожидается достижение безубыточности лесного хозяйства и формирование устойчивого лесопользования на основе внедрения инновационных технологий и широкого применения лучших практик использования и воспроизводства лесов, охраны и защиты лесов от пожаров, вредных организмов и других неблагоприятных факторов, противодействия незаконным рубкам и обороту незаконно заготовленной древесины к 2030 году.

На практике, с момента разработки и публикации «Стратегии развития лесного комплекса» к 2024 году отрасль лесного хозяйства не претерпела каких-либо кардинальных изменений, кроме разработки и запуска «Федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК)»² и программы внедрения в регионы беспилотников для мониторинга лесопожарной обстановки, охраны от незаконных вырубок и лесопатологического обследования лесов,

¹ «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года», утверждённая Правительством РФ 11 февраля 2021 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 09.10.2023).

² Федеральное агентство лесного хозяйства. ФГИС. URL: https://rosleshoz.gov.ru/information_systems/fgis_lk_information (дата обращения: 09.10.2023).

согласно приказу Рослесхоза № 608³ и нацпроекту «Беспилотные авиационные системы»⁴. Согласно решениям заседания Совета по вопросам развития лесного комплекса России при Совете Федерации, в 2024 году планируется направить около 2 млрд рублей на закупку свыше 1,2 тыс. беспилотников. Всего до конца 2030 года планируется закупить более 5,1 тыс. дронов на сумму 7,9 млрд рублей⁵.

Во всём мире наблюдается тенденция применения БПЛА в различных направлениях лесной промышленности. БПЛА позволяет осуществлять мониторинг лесных экосистем [1], мониторинг лесных пожаров, производить аэрофотосъёмку местности, определять параметры гидротехнических сооружений на лесных дорогах [2], определять таксационные показатели.

Основной фокус Рослесхоза сейчас направлен именно на разработку технологий использования беспилотников в лесной сфере, что говорит об уверенном возрастании актуальности применения БПЛА в лесном комплексе. Основным направлением использования беспилотников в России по-прежнему остаётся мониторинг лесных пожаров [3] как самая глобальная проблема.

Однако, стоит отметить, что имеются не столь заметные, но не менее важные проблемы, такие как низкая эффективность отвода лесосек, проводимая вручную лесниками.

Отвод и таксация лесосек – это обязательные мероприятия, которые проводятся для подготовки лесосеки к рубкам. Отвод лесосек проводится, как правило, в весенне-

летний период при условии отсутствия снега. Отвод – это подготовительная операция, включающая в себя закрепление границ участка леса для проведения на нём лесозаготовительных работ⁶.

Работы, необходимые для разметки границ лесосеки на местности, включают в себя:

- прорубку визиров шириной около 1 метра;
- установку делячных столбов в углах границы лесосеки;
- отграничение в пределах лесосеки неэксплуатационных участков леса;
- промер линий, измерение углов наклона и углов между линиями;
- привязку к таксационным визирам, квартальным просекам или другим ориентирам.

При сплошных рубках спелых и перестойных насаждений внутри визира вырубается все деревья с диаметром ствола менее 16 см. Деревья, расположенные за границей лесосеки (расположенные вдоль визира и не входящие в лесосеку), помечают посредством затёсок или иных отметок (ярких лент, краски). Визеры лесосек, отводимых под выборочные рубки, расчищаются посредством обрубки сучьев и веток, а также рубки кустарника. Вырубка деревьев в данном случае не требуется. Для съёмки границ и привязки лесосек служат геодезические инструменты, которые обеспечивают точность измерения линий с погрешностью не более 1 метра на 300 метров длины, погрешность измерения углов должна составлять не более 30 минут. По завершению разработки лесосек и при дальнейшем лесовосстановлении на делячных столбах ниже делают дополнительную щеку с внесением данных по году посадки (посева) и виду высаженной культуры. Столб может использоваться в течение 3–5 лет после выполнения

³ Нормативы обеспеченности субъекта Российской Федерации техникой и оборудованием, необходимыми для патрулирования лесов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726597160> (дата обращения: 09.10.2023).

⁴ Нацпроект БАС Беспилотные авиационные системы. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6442459> (дата обращения: 09.10.2023).

⁵ <https://lptexpo.ru/news/novosti/rosleskhov-v-2024-godu-na-zakupku-dronov-dlya-monitoringa-lesov-vydelyat-pochti-2-mlrd-rublej> (дата обращения: 22.11.2023).

⁶ Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9013525?ysclid=l42m9995gz> (дата обращения: 22.08.23).

лесокультурных работ для оценки качества их проведения [4]. Однако, как показывает практика, деляночный столб утрачивает свои функции практически сразу после завершения работ на делянках.

Недостаток такого способа отвода лесосеки характеризуется значительной трудоёмкостью. При этом на контроль качества привязки к карте местности влияет квалификация специалистов и наличие возможности выполнения работ на местности. Точность определения координат лесосек зависит от масштаба карт и их соответствия фактическому рельефу местности. Ошибка в определении эксплуатационной площади лесосеки не должна превышать трёх процентов.

Таксация и отвод лесосек при подготовке к проведению лесосечных работ, в соответствии с действующими лесоводственными требованиями, должны проводиться с максимальной точностью. Однако существующая (наземная) технология отвода обеспечить максимальную точность не может из-за влияния человеческого фактора и отсутствия возможностей контроля правильности и качества выполнения отвода. Это приводит к возрастанию вероятности и частоты осуществления незаконных и случайных вырубок. Помимо этого, традиционные способы отвода и таксации лесосек требуют больших временных и трудовых затрат на их проведение и являются малоэффективными. Качество отвода лесосек традиционным способом осложняется негативным влиянием человеческого фактора.

Исходя из этого, была сформулирована **цель** исследования: разработка новой технологии отвода лесосек при помощи беспилотных летательных аппаратов (квадрокоптеров) с целью повышения эффективности процесса отвода лесосек.

Объектом исследования является способ отвода лесосеки при помощи БПЛА, заключающийся в следующем. Вместо деревянных деляночных столбов в местах излома границ лесосеки (опорных

точках) будут устанавливаться, путём сброса с БПЛА, специальные радиомаяки, хранящие в себе информацию о лесосеке и координатах, которые они закрепляют. Местоположение сбрасываемого радиомаяка будет фиксироваться посредством привязки его координат к местности и определения границ отводимого участка. При разработке участка леса, отведённого в рубку, при помощи дистанционного сканирующего устройства будет определяться закодированная в радиомаяках информация.

Для реализации данной технологии необходимо:

- 1) провести анализ эффективности существующей технологии отвода;
- 2) обосновать необходимость применения БПЛА;
- 3) разработать новую технологию отвода при помощи БПЛА;
- 4) провести анализ существующих систем сброса;
- 5) разработать систему сброса и систему радиомаяка;
- 6) произвести расчёт эффективности новой технологии отвода лесосеки.

Результаты

Данный способ отвода лесосек по определению опорных точек на местности при помощи БПЛА осуществляется следующим образом:

- оператор с помощью пульта НПУ по каналу системы радиосвязи с ПК передаёт на ВУ БПЛА заданные координаты опорной точки лесосеки;
- беспилотный летательный аппарат в автоматическом режиме позиционирует своё местонахождение с координатами расчётных опорных точек;
- после зависания БПЛА над координатами опорной точки, на высоте 30 м, оператор путём нажатия на кнопку передатчика, взаимодействующего по радиоканалу с дистанционной системой модуля, производит сброс радиомаяка;
- местоположение сбрасываемого радиомаяка фиксируется посредством

привязки его координат к местности. Происходит последовательный сброс комплекта радиомаяков в местах излома контура лесосеки;

- после облёта всех точек сброса БПЛА возвращается в точку посадки, указанную оператором;

- по завершении процесса сброса маяк находится в спящем режиме и активируется тональным радиосигналом с платы сканирующего устройства;

- в роли сканирующего устройства (приёмника радиосигнала) служит запрограммированная печатная плата, подключённая к радиопередатчику H12, отображающая текстовую информацию на OLED-дисплее;

- после активации радиомаяк передаёт закодированную в нём ранее информацию по радиоволне на сканирующее устройство.

Для реализации технологии отвода границ лесосеки, удовлетворяющей всем вышеописанным условиям, необходимо следующее технологическое оборудование:

- ✓ БПЛА – квадрокоптер [5];

- ✓ подвесной модуль кассетного типа для хранения и сброса радиомаяков, укомплектованный радиомаяками.

На сегодняшний день существуют различные системы сброса груза с БПЛА. Зачастую они бывают однозарядными, многозарядными, а также барабанного типа и предназначены для доставки груза путём его сброса с определённой высоты. Такие системы активно применяются в сервисах доставки, а также для выполнения военных задач.

Устройство для принудительного отделения сбрасываемой полезной нагрузки может включать в себя корпус с пазом под затвор, затвор, сервопривод, осуществляющий работу механизма, и рычаг, преобразовывающий вращение сервопривода в поступательное движение затвора [6].

Есть ещё один способ сброса грузов: их размещают в БПЛА так, чтобы они могли

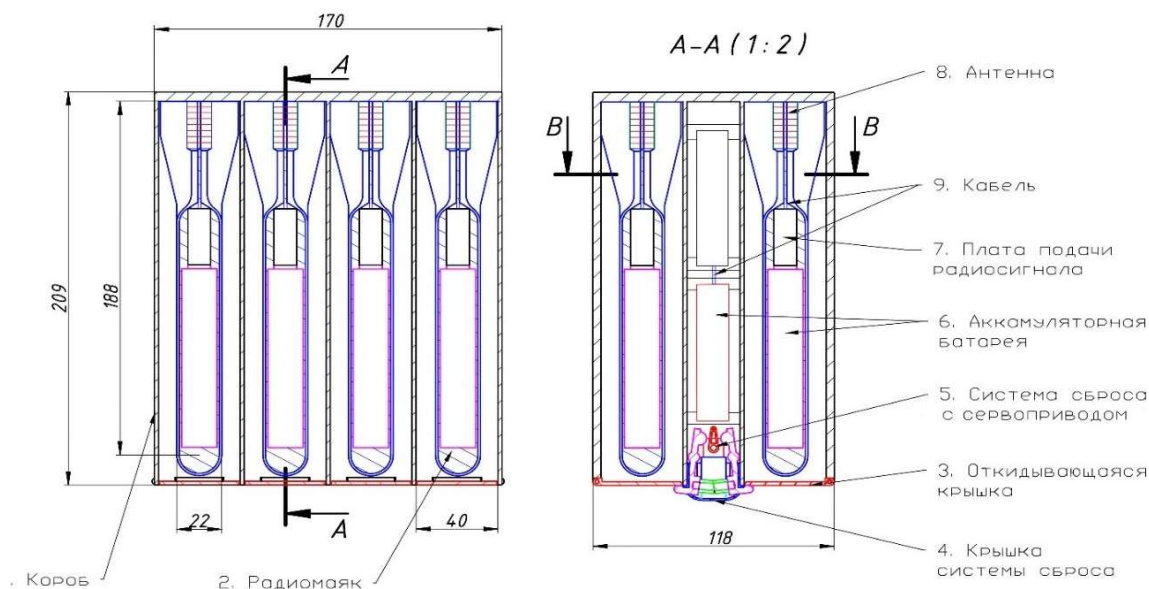
перемещаться в сбрасывающую часть. Грузы устанавливаются в носовой части БПЛА друг за другом, и каждый крайний груз можно зафиксировать по очереди [7].

Также возможен и другой способ доставки объекта в нужную точку. В октябре 2020 года команда из Лондона создала квадрокоптер, стреляющий дротиками [8]. К сожалению, дротики имеют высокую тенденцию отскакивать от стволов деревьев, а не втыкаться в них. В своей нынешней форме прототип новой системы нужно заряжать по одному дротику.

Существующие системы сброса грузов нам не подходят, поэтому была разработана собственная система. В связи с этим предлагается концепция такого модуля и комплекта радиомаяков для сброса. Модуль оснащается дистанционной системой сброса, оборудованной сервоприводами, вращающимися на 45 градусов в обе стороны. При вращении сервопривода происходит нажатие на рычаг, открывающий откидывающуюся крышку. Для получения команд с передатчика и последующей передачи их на сервоприводы используется запрограммированная печатная плата с подключённым к ней радиоприёмником, работающим на частоте 433 МГц в четырёхканальном режиме. В роли передатчика служит печатная плата, подключённая к радиопередатчику. Обе платы питаются от литийионных аккумуляторов.

Модуль снаряжается комплектом радиомаяков, имеющих влагозащищённый корпус, позволяющий избежать факторов, негативно влияющих на работу маяка. Внутри корпуса располагается передатчик с запрограммированной информацией о лесосеке. Он подключается к антенне и литийионному аккумулятору, способному поддерживать автономность устройства в течение нескольких месяцев [9].

В результате модуль для хранения и сброса радиомаяков будет выглядеть следующим образом (см. рисунок, с. 39).



Модуль для сброса радиомаяков
Radiobeacon release module

Для получения информации, записанной на радиомаяк, необходимо разработать сканирующее устройство, которое будет пробуждать спящий радиомаяк при помощи радиосигнала. Сканирующее устройство состоит из радиопередатчика H12, запрограммированной печатной платы, литийионного аккумулятора, OLED-дисплея, антенны и влагозащищённого корпуса. Помимо возможности вывода закодированной информации на OLED-дисплее сканирующего устройства при необходимости возможен вывод данной информации на ПК, путём подключения сканирующего устройства через USB.

После разработки технологии отвода лесосеки при помощи БПЛА и радиомаяков был проведён расчёт точности сброса радиомаяка.

Для расчёта были приняты следующие данные: высота сброса радиомаяка – 30 м; скорость ветра – 2 м/с. Время падения радиомаяка составит 2,5 сек. В течение этого времени на него будет действовать поперечная сила от воздействия ветра. Для определения поперечной силы ветра нужно умножить скорость ветра

на аэродинамический коэффициент сопротивления цилиндра диаметром 20 мм.

В результате расчётов боковое смещение при сбросе радиомаяка при ветре в 2 м/с составило 10 см. Это смещение определяет погрешность точности определения координат лесосеки. На лесосеке площадью 6 га, длиной 200 м, шириной 400 м, с четырьмя опорными точками, погрешность определения общей площади лесосеки составит максимум 0,12 %, а это около 70 метров.

После расчёта точности сброса радиомаяка был проведён её сравнительный анализ с традиционной системой отвода лесосеки.

Среднее время на изготовление и установку деляночного столба – 1 час. С учётом того, что нужно провести геодезические работы, установить четыре столба и перейти между опорными точками, этот процесс занимает практически весь рабочий день.

Время на проведение одного отвода с применением новой технологии составляет 22 минуты, а самой трудозатратной операцией являются подготовительные работы

и проверка оборудования (15 мин). Результаты расчётов показаны в табл. 1.

Таблица 1. **Время отвода лесосеки разными способами**

Table 1. Time required for coupe demarcation through different methods

Способ отвода лесосеки	Время на отвод лесосеки
Вручную	6 часов
При помощи БПЛА	22 мин

Проведение отвода лесосек с применением квадрокоптера обеспечивается усилиями одного оператора БПЛА, осуществляющего непосредственно управление движением квадрокоптера. Оператор может быть обучен и назначен из числа имеющих сотрудников лесного хозяйства.

Для проведения одного отвода требуется следующий комплект оборудования: квадрокоптер, подвес с камерой, модуль для радиомаяков, укомплектованный четырьмя радиомаяками (в зависимости от количества изломов границы лесосеки, количество радиомаяков может варьироваться). В среднем на предприятии проводится около 20-и отводов в год, в связи с чем в смету затрат закладывается приобретение радиомаяков в количестве 100 шт., с учётом их возможных повреждений (табл. 2).

Таблица 2. **Затраты на оборудование**

Table 2. Expenditures on equipment

Наименование оборудования, технических средств	Количество, шт.	Стоимость, тыс.р
Модуль для сброса радиомаяков	1	20
Радиомаяк	100	2
Модуль связи с маяком	2	5
Бокс для хранения аппаратуры	1	5
Итого полная стоимость		235
Итого стоимость радиомаяков		200

Таким образом, затраты на приобретение оборудования составят 235 тыс. руб. Подробная смета затрат представлена в табл. 3.

Таблица 3. **Общие затраты**

Table 3. General expenditures

Виды затрат	Сумма, тыс. руб. по годам реализации проекта		
	1-й год	2-й год	3-й год
Затраты на регистрацию квадрокоптера	—	—	—
Стоимость модуля	20	0	0
Стоимость радиомаяков	200	0	0
Модули связи с маяком	10	0	0
Бокс для хранения аппаратуры	5	0	0
Затраты на обслуживание и ТО	30	30	30
Итого 20 отводов	265	30	30
Итого 1 отвод	13,25	1,50	1,50

Стоит отметить, что затраты на приобретение оборудования (БПЛА с подвесным оборудованием, радиомаяков) учитываются при расчётах только в первый год реализации, во второй и последующий годы в стоимость отвода будет включаться только заработная плата сотрудника, осуществляющего отвод, стоимость элементов питания радиомаяков и затраты на ремонт и ТО оборудования. Таким образом, во второй и последующие годы стоимость одного отвода составит 1 500 рублей (табл. 3).

Применение предлагаемой технологии значительно повышает эффективность процесса отвода лесосек и позволяет:

✓ значительно снизить трудоёмкость разметки лесосеки, благодаря отсутствию необходимости установки делячных столбов;

✓ повысить объективность измерений и точность определения координат опорных точек лесосеки;

✓ исключить ряд спорных ситуаций, возможных при изменении местоположения делячного столба недобросовестным лесозаготовителем;

✓ повысить степень контроля за проведением рубок в рамках отведённой лесосеки.

Заключение

На сегодняшний день факт необходимости применения беспилотных авиационных систем в лесном хозяйстве является очевидным. Беспилотники значительно расширяют возможности человека и упрощают многие процессы, имея возможность находиться в любой нужной точке, производить мониторинг, фото- и видеосъёмку труднодоступных для человека мест, доставлять грузы, запускать радиомаяки и любые другие приспособления. Для лесных территорий, характеризующихся большими расстояниями и наличием множества труднопроходимых мест, применение беспилотников в работе лесных хозяйств видится не только актуальным, но и необходимым, учитывая факт дефицита кадров. Об этом свидетельствует и заинтересованность Правительства в применении таких систем в лесном хозяйстве, что подтверждается рядом выпущенных нормативно-правовых актов, прямо предполагающих применение инновационных беспилотных технологий в сфере лесного хозяйства. Однако на сегодняшний день все решения в рамках применения таких технологий концентрируются на предотвращении лесных пожаров за счёт использования беспилотников в качестве средств патрулирования и мони-

торинга. Но стоит учитывать гораздо более внушительный потенциал беспилотных авиационных систем, который вполне подходит для решения более сложных задач. В рамках «Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года» и нацпроекта «Беспилотные авиационные системы» стоит обратить внимание на разработку альтернативных технологий применения беспилотников. Одной из таких технологий может стать рассматриваемая в данной статье новая технология отвода лесосек с применением беспилотных авиационных систем и радиомаяков, направленная на повышение эффективности достаточно простых в понимании, но фундаментальных процессов лесного хозяйства.

При имеющихся в нашей стране объёмах лесных ресурсов отрасль лесного хозяйства должна занимать одно из лидирующих мест в ВВП страны, однако из-за недостаточно проработанной системы лесопользования и недостаточной технологической оснащённости она буквально стоит на месте. Рассматриваемые в данной статье решения по применению беспилотников в лесном хозяйстве призваны дать начало модернизации лесной отрасли и довести уровень её технологичности до современных масштабов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Application of UAS for Monitoring of Forest Ecosystems – A Review of Experience and Knowledge / K. Tomljanović, A. Kolar, A. Đuka et al. // Croatian Journal of Forest Engineering. 2017. Vol. 43, iss. 2. Pp. 487–504. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1727
2. Use of UAV Data and HEC-RAS Model for Dimensioning of Hydraulic Structures on Forest Roads / A. Acil, A. Aydin, R. Eker et al. // Croatian Journal of Forest Engineering. 2017. Vol. 44, iss. 1. Pp. 171–188. DOI: 10.5552/crojfe.2023.1701
3. Катаев М. Ю., Карташов Е. Ю., Гейко П. П. Обнаружение лесных пожаров по изображениям, полученным с БПЛА // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2023. Т. 26, № 3. С. 72–79. DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-3-72-79; EDN: EDMOMX
4. Пятакин В. И., Григорьев И. В., Редькин А. К. Технология и машины лесосечных работ. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. 362 с.
5. Молоденков С. А., Пашкин М. С. Анализ современных беспилотных летательных аппаратов //

Современные научные исследования и инновации. 2023. № 9(149). Ст. 14. EDN: JLUUBH

6. Патент № 201868 Российская Федерация, В64D 1/02 Устройство сброса полезной нагрузки с БЛА / Панков Ю. А., Карнаухов А. С., Пикалов А. С., Притоцкий Е. М., Шелест И. А., заявитель и патентообладатель Военный инновационный технополис «ЭРА», заявл. 23.06.2020, опубл. 18.01.2021. Бюл. №2. EDN: QGMMLO

7. Патент №2719703 Российская Федерация, В64D 1/10 Способ фиксации и сброса грузов для беспилотных летательных аппаратов / Подгорнов В. А., Кипкаев А. Е., Крестьянинов Г. А., Наumenko М. Ю., заявитель и патентообладатель Российский федеральный ядерный центр – всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина, заявл. 01.08.2019, опубл. 22.04.2020. Бюл. №12. EDN: IFNVYR

8. Unmanned Aerial Sensor Placement for Cluttered Environments / A. Farinha, R. Zufferey, P. Zheng et al. // IEEE Robotics and Automation Letters. 2020. Vol. 5, iss. 4. Pp. 6623–6630. DOI: 10.1109/LRA.2020.3015459

9. Battery Technology – Use in Forestry / of Forest Engineering. 2017. Vol. 42, iss. 1. Pp. 135–148.
Z. Pandur, M. Šušnjar, M. Bačić // Croatian Journal DOI: 10.5552/crojfe.2021.798

Статья поступила в редакцию 27.02.2024; одобрена после рецензирования 05.08.2024;
принята к публикации 23.09.2024

Информация об авторах

КОСТИН Павел Игоревич – аспирант кафедры ЛТ4 технологии и оборудование лесопромышленного производства, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал. Область научных интересов – технология лесосечных работ. Автор двух научных публикаций. AuthorID: 4637-2734

БЫКОВСКИЙ Максим Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ЛТ4 технологии и оборудование лесопромышленного производства, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал. Область научных интересов – технология лесосечных работ. Автор 80 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2539-7983>; SPIN-код: 9939-5039

Вклад авторов:

Костин П. И. – анализ существующих систем, разработка новой системы, визуализация, расчёт эффективности, написание и подготовка статьи.

Быковский М. А. – постановка цели, задач, руководство, редактирование.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 630.311

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.3.34>

EDN: WYQFWQ

A New Technology of Coupe Demarcation Using Unmanned Aerial Vehicles and Radiobeacons

P. I. Kostin[✉], M. A. Bykovsky

Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University,

1, 1st Institutskaya St., Mytischki, 141005, Russian Federation

pavelllkostinnn@gmail.com ✉

Abstract. Introduction. The forestry industry is one of the most controversial and conservative. On the one hand, the Russian Federation occupies one of the leading positions in terms of forest resources, while on the other, the share of the forest sector in the country's GDP does not amount to even one percent. This indicates the existence of problems hindering the development of the forest complex, which are observed at different levels of forest management and logging, from the allocation and taxation of cutting areas, the system of forest protection and conservation to the level of logistical, scientific and personnel support. Currently, among other problems, there is an increase in the volume of illegal logging and a lack of highly qualified personnel and technologies for work in forestry and the forest industry, which leads to violations of the boundaries of cutting areas and a lack of reliable data on them. Recently, the issues of the forest industry have been quite widely discussed at the higher levels of government in terms of strategic development planning. The *Strategy for the Development of the Forest Complex until 2030*, approved by the Government of the Russian Federation on February 11, 2021, involves a comprehensive modernization of the sphere, one of the main tasks of which is the digitalization of the industry. *The aim of the study* is to develop a coupe demarcation technology using unmanned aerial vehicles (UAVs) as part of implementing the national project "Unmanned Aviation Systems" until 2030 and Order No. 608 of the Federal Forestry Agency (Rosleshoz) stipulating the need to provide regional forestries with machinery and equipment including UAVs necessary for forest patrolling, as well as within the framework of the Strategy for the sustainable development of the forest complex. *Object and methods.* The object of the study is the method of coupe demarcation. The research employed analysis of data from open access sources, analysis of the regulatory framework governing the field of forestry, and comparison of research results. *Results.* The authors have substantiated the efficiency of coupe demarcation using UAVs equipped with a system for dropping radiobeacons at points with known coordinates to mark the coupe boundaries. The paper presents calculations of the economic costs of using this system, calculations of the accuracy of radiobeacon delivery and the efficiency of using the new technology. The calculations indicate a reduction in labor costs on coupe demarcation in comparison with the conventional method. *Conclusion.* The use of the proposed technology leads to a significant increase in the efficiency of the coupe demarcation process, reduces its labor intensity and improves the accuracy of marking the boundaries of areas designated for logging.

Keywords: coupe demarcation; forestry; forest sector; UAV; drone; radiobeacon; strategic planning; technology; efficiency; digitalization; marking-cut a coupe; release system

Funding: this study was not supported by any external sources of funding.

For citation: Kostin P. I., Bykovsky M. A. A New Technology of Coupe Demarcation Using Unmanned Aerial Vehicles and Radiobeacons. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2024;(3):34–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.3.34>; EDN: WYQFWQ

REFERENCES

1. Tomljanović K., Kolar A., Đuka A. et al. Application of UAS for monitoring of forest ecosystems – a review of experience and knowledge. *Croatian Journal of Forest Engineering.* 2017;43(2):487–504. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1727
2. Acil A., Aydin A., Eker R. et al. Use of UAV data and HEC-RAS model for dimensioning of hydraulic structures on forest roads. *Croatian Journal of Forest Engineering.* 2017;44(1):171–188. DOI: 10.5552/crojfe.2023.1701
3. Kataev M. Yu., Kartashov E. Yu., Geiko P. P. Forest fires detection based on image processing obtained using UAV. *Proceedings of TUSUR University.* 2023;26(3):72–79. DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-3-72-79; EDN: EDMOMX (In Russ.).
4. Patyakin V. I., Grigor'ev I. V., Red'kin A. K. Technology and machines of logging operations. St. Petersburg: SPbGLTU Publ.;2012. 363 p. (In Russ.).
5. Molodenkov S. A., Pashkin M. S. Analysis of modern unmanned aerial vehicles. *Modern scientific researches and innovations.* 2023;(9). Art. 14. EDN: JLUUBH (In Russ.).
6. Pankov Yu. A., Karnaukhov A. S., Pikalov A. S. et al. Device for dropping payload from UAV. Patent RF, no. 201868, 2021. EDN: QGMMLO (In Russ.).
7. Podgornov V. A., Kipkaev A. E., Krestyaninov G. A. et al. Cargo fixation and dropping method for unmanned aerial vehicles. Patent RF, no. 2719703, 2020. EDN: IFNVYR (In Russ.).
8. Farinha A., Zufferey R., Zheng P. et al. Unmanned aerial sensor placement for cluttered environments. *IEEE Robotics and Automation Letters.* 2020;5(4):6623–6630. DOI: 10.1109/LRA.2020.3015459
9. Pandur Z., Šušnjar M., Bačić M. Battery technology – use in forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering.* 2017;42(1):135–148. DOI: 10.5552/crojfe.2021.798

The article was submitted 27.02.2024; approved after reviewing 05.08.2024;
accepted for publication 23.09.2024

Information about the authors

Pavel I. Kostin – Postgraduate student, Department LT4 – Technologies and Equipment of Timber Production, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University. Research interests – technology of logging operations. Author of two scientific publications. Author ID: 4637-2734

Maxim A. Bykovsky – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, head of Department LT4 – Technologies and Equipment of Timber Production, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University. Research interests – logging technology. Author of 80 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2539-7983>; SPIN: 9939-5039

Contribution of the authors:

Kostin P. I. – analysis of existing systems, development of a new system, visualization, calculation of efficiency, writing and preparation of the article.

Bykovsky M. A. – setting the research goal and objectives, supervision, reviewing and editing.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

All authors read and approved the final manuscript.