

Научная статья  
УДК 630.3

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЛЕТА МАНИПУЛЯТОРА И ШИРИНЫ ПАСЕКИ ПО КРИТЕРИЮ СВЕРТКИ «ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ – ДОЛЯ СОХРАННОСТИ ПОДРОСТА И ПОЧВ»

Валерия Дмитриевна Аяшева<sup>1</sup>, Егор Олегович Кузьмин<sup>2</sup>,  
Сергей Борисович Якимович<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> no1sasha311@gmail.com

<sup>2</sup> egorka.kuzmin.1994@mail.ru

<sup>3</sup> yakimovichsb@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Выполнен критический анализ по оптимизации вылета и ширины пасек. Сформулировано противоречие, определяемое, с одной стороны, снижением производительности манипуляторных машин с увеличением вылета и ширины пасеки, а с другой – увеличением доли сохранности подроста и почв. Противоречие снято посредством постановки и решения задачи оптимизации вылета и ширины пасеки по свертке.

**Ключевые слова:** вылет манипулятора, ширина пасеки, оптимизация

**Для цитирования:** Аяшева В. Д., Кузьмин Е. О., Якимович С. Б. Оптимизация вылета манипулятора и ширины пасеки по критерию свертки «производительность – доля сохранности подроста и почв» // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 55–59.

Original article

## OPTIMIZATION OF THE RADIUS OF THE MANIPULATOR AND THE WIDTH OF THE APIARY ACCORDING TO THE CONVOLUTION CRITERION “PRODUCTIVITY – THE PROPORTION OF PRESERVATION OF UNDERGROWTH AND SOILS”

Valeria D. Ayasheva<sup>1</sup>, Egor O. Kuzmin<sup>2</sup>, Sergey B. Yakimovich<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> no1sasha311@gmail.com

<sup>2</sup> egorka.kuzmin.1994@mail.ru

<sup>3</sup> yakimovichsb@m.usfeu.ru

**Abstract.** A critical analysis was performed to optimize the departure and width of apiaries. A contradiction is formulated, determined on the one hand by a decrease in the productivity of manipulator machines with an increase in the departure and width of the apiary, and on the other hand by an increase in the proportion of preservation of undergrowth and soils. The contradiction was removed by setting and solving the problem of optimizing the departure and width of the apiary by convolution.

**Keywords:** the radius of the manipulator, the width of the apiary, optimization

**For citation:** Ayasheva V. D., Kuzmin E. O., Yakimovich S. B. (2025) Optimizaciya vyleta manipulyatora i shiriny paseki po kriteriyu svertki “produktivnost’ – dolya sohrannosti podrosta i pochv” [Optimization of the radius of the manipulator and the width of the apiary according to the convolution criterion “productivity – the proportion of preservation of undergrowth and soils”]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 55–59. (In Russ).

Рациональный радиус действия манипулятора лесозаготовительной машины в функции скорости движения машины и запаса на гектар для повышения эффективности манипуляторных систем машин определялся с момента перехода от ручного труда к подобным машинам [1]. Оптимизация вылета манипулятора и ширины пасеки получила дальнейшее развитие по критериям производительности [2] и удельных приведенных затрат [3]. Оптимизация вылета по критерию производительности на выборочных рубках с оценкой возможности уменьшения ширины волока (базы машины) и снижения степени повреждения древостоя, оставляемого на выращивание выполнена в [4]. Также применительно к выборочным рубкам [5] сделаны выводы по ограничению ширины пасеки из условия доступности. Вопрос обоснования ширины пасеки по критериям производительности и максимальной сохранности подроста харвестером был впервые поднят в [6], но не получил количественного разрешения в связи с отсутствием свертки критериев и постановки задачи оптимизации на этой основе. В связи с изложенным тема статьи представляется актуальной.

Формулировка цели работы основана на противоречии: с одной стороны – снижение производительности манипуляторных машин с увеличением вылета и ширины пасеки, а с другой – увеличение доли сохранности подроста и почв. Изложенное противоречие может быть снято постановкой

и решением задачи оптимизации на основе свертки критериев производительности и доли сохранности подроста и почв.

Цель работы – представление постановки и решения задачи оптимизации вылета манипулятора и ширины пасаки на основе свертки критериев производительности и доли сохранности подроста и почв.

Задачи:

1. Анализ состояния вопроса по теме (частично приведен выше) и формулирование выводов.

2. Представление схемы и способа работы харвестера, обеспечивающих 96 % сохранения подроста и почв вне технологических коридоров [7].

3. Постановка и решение задачи оптимизации вылета манипулятора.

Схема практически апробированного и используемого на производстве способа работы харвестера, обеспечивающего полную сохранность подроста и почв вне технологических коридоров [7], представлена на рис. 1. Данный способ принят за основу при постановке задачи оптимизации.

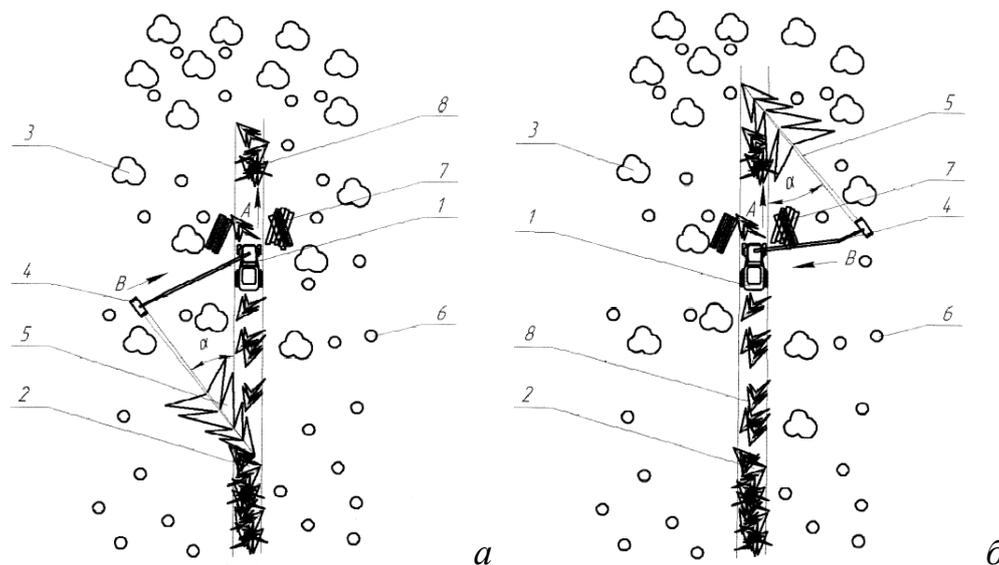


Рис. 1. Технологическая схема разработки лесосеки с одним волоком и сохранением подроста: *а* – валка с последующей обрезкой и раскряжевкой стоящего позади машины дерева вершиной на расположенную за машиной часть волока; *б* – валка с последующей обрезкой и раскряжевкой стоящего перед машиной дерева вершиной на расположенную перед машиной часть волока

Сохранность почв, подроста и молодняка при этом способе обеспечивается приемами валки деревьев вершинами на волок, поднятием комля, исключая его приземление, при его переносе к волоку для раскряжевки.

Постановка задачи оптимизации вылета выглядит следующим образом. Найти такое значение вылета  $R$  (ширины пасаки  $2R \cdot K_i$ ,  $K_i$  – коэффициент использования вылета), при котором максимизируется свертка критериев  $PSOpt(R) = Pch(R) - Sdp(R)$  и соблюдаются ограничения нормативно-

технологического и технического характера.  $Pch(R)$  – часовая производительность харвестера в функции вылета,  $Sdp(R)$  – доля сохраненных площадей вне технологических коридоров в общей площади лесосеки. При разработке модели использованы стандартные выражения производительности и площади элементов пасек [8]. В связи с плохой масштабируемостью частных критериев свертки (различаются на два порядка) в функцию  $Sdp(R)$  введен масштабный множитель [2], равный 34 – максимальное значение часовой производительности. Результаты оптимизации представлены на рис. 2.

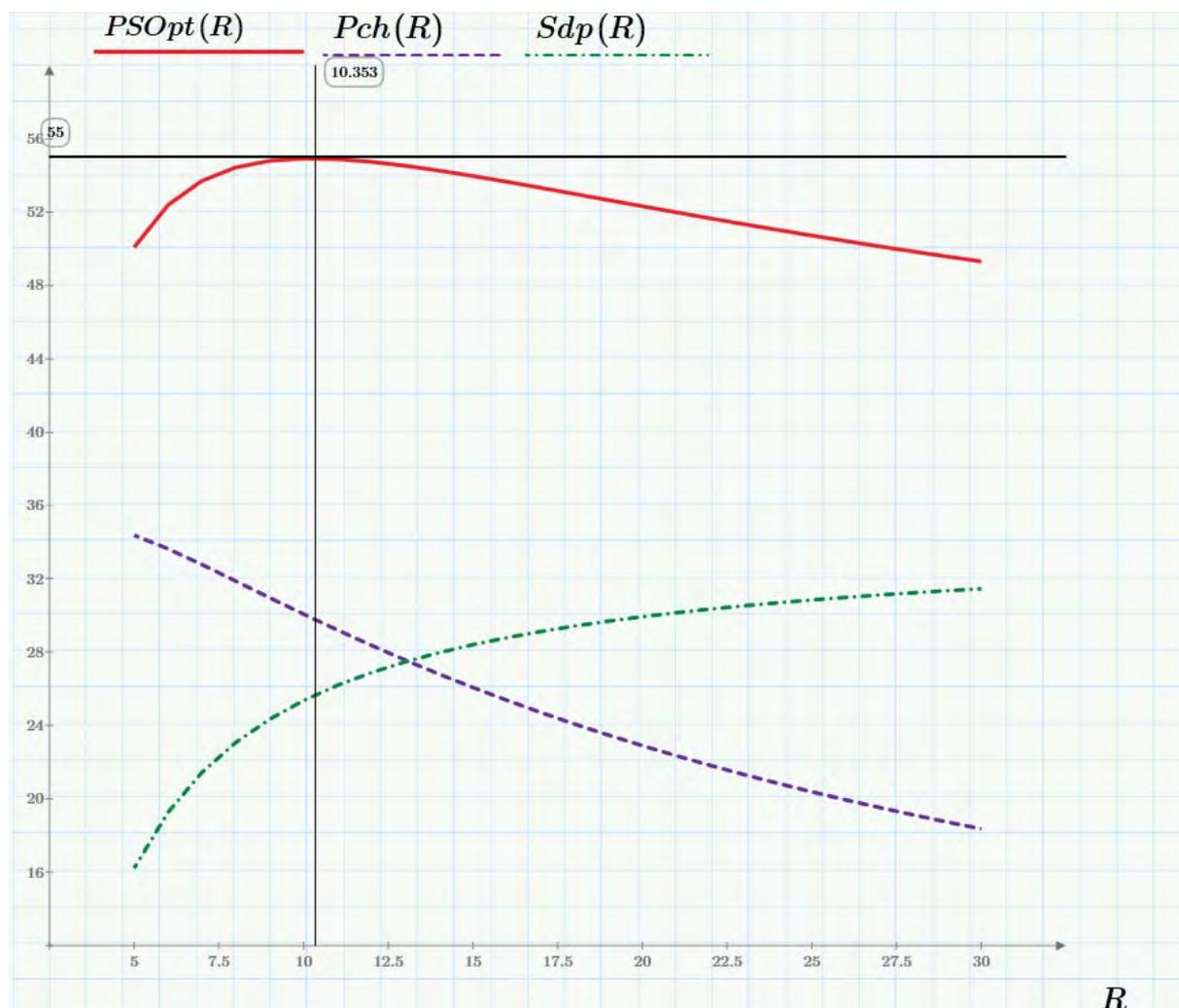


Рис. 2. Графическое представление результатов оптимизации вылета манипулятора и ширины пасеки по свертке критериев  $PSOpt(R)$

Оптимальное значение вылета составляет 10,5 м (см. горизонтальный и вертикальный маркеры на графике). Ширина пасеки при  $K_i = 0,93$  равняется 19,5 м. При этом часовая производительность харвестера равна 29,1 м<sup>3</sup>/час, процент сохранности – 74,4 %. Судя по форме кривой свертки,

требуется проведение анализа на чувствительность с целью уточнения диапазона значений оптимального решения.

## *Список источников*

1. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Системы машин для лесозаготовок. М. : Лесная промышленность, 1977. 248 с.

2. Редькин А. К., Якимович С. Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов. М. : Московский государственный университет леса, 2005. 504 с.

3. Якимович С. Б., Ласточкин П. В. Определение области эффективных значений некоторых параметров манипулятора при сортировке и пакетировании круглых лесоматериалов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 1985. № 6. С. 62–66.

4. Арико С. Е., Мохов С. П. Повышение эффективности работы харвестера на основе выбора габаритных параметров манипулятора // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы международной научно-технической конференции (Могилев, 21–22 апреля 2011 г.). Часть 2. Могилев : Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», 2011. С. 28–29. EDN UYBFMB.

5. Рациональные параметры технических элементов пасаки для манипуляторных лесозаготовительных машин / Ю. Н. Безгина, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, № 4. С. 338–343. EDN YSZSLR.

6. Кулаков П. С., Якимович С. Б. Обоснование ширины пасаки по критериям производительности и максимальной сохранности подроста харвестером // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов : посвящается 90-летию Уральского государственного лесотехнического университета (УЛТИ УГЛТА УГЛТУ) / Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный лесотехнический университет ; Уральское отделение секции наук о лесе РАЕН ; [отв. за выпуск А. И. Сафронов]. Екатеринбург, 2020. С. 42–44.

7. Патент на изобретение 2504146, RU, МПК А01G23/02. Способ разработки лесосек машинами манипуляторного типа / Якимович С. Б. (RU), Тетерина М.А. (RU), Белов А.И. (RU), и др. 20.01.2014. Заявка № 2012133115/13 от 01.08.2012 ; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2. 8 с.

8. Савиных Т. И., Савиных М. А., Якимович С. Б. Сравнительный анализ способов заготовки древесины харвестером по критерию производительности и удельной энергоёмкости // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 69–74. DOI 10.51318/FRET.2021.95.37.006. EDN QEXIVU.