



НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЛЕСОПОСАДОЧНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОСАДКИ СЕЯНЦЕВ С ОТКРЫТОЙ И ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Михаил В. Драпалюк¹, md@vglta.vrn.ru, 0000-0002-8029-2706

Владимир В. Стасюк¹, stasiuk.volodya@yandex.ru, 0000-0002-8689-955X

Владимир А. Зеликов¹ , zelikov-vrn@mail.ru, 0000-0003-2317-9413

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

В настоящее время в Российской Федерации большое количество площадей требуют лесовосстановления. Введение новых технологий в искусственном лесовосстановлении (посадка семян с закрытой корневой системой) требует применения новых средств механизации при посадке семян. Оценку степени сходства и различия отобранных конструкций проводили на основе статистического анализа – иерархической классификации. Промышленность страны практически не производит лесопосадочные машины для посадки семян с закрытой корневой системой. Импортные образцы лесопосадочных машин дороги, требуют агрегатирования с тяжелой техникой, которая в лесных хозяйствах практически отсутствует, кроме того, ограничением в использовании импортной техники могут быть и климатические условия. В связи с вышеперечисленным в Воронежском государственном лесотехническом университете были разработаны конструкции универсальных лесопосадочных машин с ротационным и цепным посадочными механизмами, которые позволят осуществлять посадку как обычных семян, так и семян с закрытой корневой системой. Использование универсальных лесопосадочных машин в лесных хозяйствах позволит содержать одну лесопосадочную машину вместо двух специализированных, это позволит значительно сэкономить на обслуживании и хранении механизмов.

Ключевые слова: лесопосадочная машина, лесовосстановление, посадочный материал, посадочный аппарат.

Благодарности: Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Драпалюк, М. В. Новые конструкции универсальных лесопосадочных машин для посадки семян с открытой и закрытой корневой системой / М. В. Драпалюк, В. В. Стасюк, В. А. Зеликов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 4 (44). – С. 112–123. – Библиогр.: с. 119–123 (26 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10>.

Поступила: 22.10.2021 **Принята к публикации:** 15.12.2021 **Опубликована онлайн:** 30.12.2021

NEW DESIGNS OF UNIVERSAL PLANTING MACHINES FOR PLANTING SEEDLINGS WITH OPEN AND CLOSED ROOT SYSTEMS

Mikhail V. Drapalyuk¹, md@vglta.vrn.ru, ☎ 0000-0002-8029-2706

Vladimir V. Stasyuk¹, stasiuk.volodya@yandex.ru, ☎ 0000-0002-8689-955X

Vladimir A. Zelikov¹ ✉, zelikov-vrn@mail.ru, ☎ 0000-0003-2317-9413

¹ FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 394087, 8 Timiryazeva street, Voronezh, Russian Federation

Abstract

Currently, in the Russian Federation, a large number of areas require reforestation. Introduction of new technologies in artificial reforestation (planting seedlings with a closed root system) requires the use of new means of mechanization when planting seedlings. The assessment of the degree of similarity and difference of the selected structures was carried out on the basis of statistical analysis (hierarchical classification). The country's industry practically does not produce tree planting machines for planting seedlings with a closed root system. Imported specimens of forest planting machines are expensive, require aggregation with heavy equipment, which is practically absent in forestry. In addition, climatic conditions may also be a limitation in the use of imported equipment. In connection with the above, Voronezh State University of Forestry and Technologies has developed designs of universal planting machines with rotary and chain planting mechanisms. They enable planting of both standard seedling and seedlings with closed root system. The use of universal tree planting machines in forestry enables to keep one tree planting machine instead of two specialized ones. This will significantly save on maintenance and storage of mechanisms.

Keywords: tree planting machine, reforestation, planting material, planting attachment.

Acknowledgments: The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Drapalyuk M. V., Stasyuk V. V., Zelikov V. A. (2021) New designs of universal forest planting machines for planting seedlings with an open and closed root system. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 11, No. 4 (44), pp. 112-123 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10>.

Received: 22.10.2021 **Revised:** 30.11.2021 **Accepted for publication:** 15.12.2021 **Published online:** 30.12.2021

Введение

Площадь вырубаемых и погибающих в пожарах лесных насаждений на территории Российской Федерации по разным данным приближается к четырем миллионам гектаров в год [1, 2, 3, 4]. Площадь искусственного лесовосстановления значительно отстает от темпов убытия, по официальным данным составляет 800–900 тыс. гектаров в год [5]. Подобная ситуация наблюдалась много лет подряд. Площади, требующие лесовосстановления, постоянно увеличиваются [2, 6, 7].

По этой причине в национальном проекте «Экология» 2019–2024 значительное внимание уделяется именно лесовосстановлению. В частности, предлагается изменить баланс выбытия (вследствие пожаров, повреждения насекомыми, промышленной вырубке, а также незаконной вырубке) и воспроизводства лесов (методами естественного, а главное, искусственного лесовосстановления) с 62,3 % в 2018 году до 100 % к 2024 году [1, 8, 9].

В 2021 году Правительством Российской Федерации принята Стратегия развития лесного

комплекса Российской Федерации до 2030 года, в которой по базовому варианту к 2024 году, а по инерционному – к 2030 году баланс воспроизводства лесов в Российской Федерации должен быть 100 % [6, 9].

В связи с этим в Российской Федерации активно внедряются прогрессивные методы искусственного лесовосстановления, в частности, посадка семян с закрытой корневой системой [9, 10]. В соответствии с национальным проектом к 2030 году до 45 % площадей искусственного лесовосстановления должно воспроизводиться сеянцами с закрытой корневой системой [9, 11].

Зарубежный опыт применения технологии посадки семян с закрытой корневой системой довольно богат. Посадку растений с комом почвы начали практиковать в скандинавских странах с 60-х годов XX века.

На данный момент в таких странах, как Швеция, Финляндия, Норвегия, Канада и некоторых других восстановление лесов производится в основном сеянцами с закрытой корневой системой [12, 13].

Данная технология лесовосстановления особенно хорошо зарекомендовала себя во влажном климате, на болотистых почвах скандинавских стран [9, 14].

Технология посадки семян с закрытой корневой системой позволяет добиться высокой приживаемости (вследствие хорошей сохранности корневой системы сеянцев в процессе перевозки и посадки) после высадки в неблагоприятных условиях за счет некоторого запаса питательных веществ в субстрате возле корней. Кроме того, расширяются сроки ведения посадочных работ, так как сеянцы с закрытой корневой системой можно высаживать на протяжении всего периода вегетации [9, 14, 15].

В Российской Федерации использование технологии посадки семян и саженцев с закрытой корневой системой началось значительно позже. Так, например, в Воронежской области выращивание таких сеянцев и саженцев в теплицах началось в 2012 году [16]. Темпы внедрения данного метода лесовосстановления в лесных хозяйствах до сих пор крайне низкие [14].

Слабое распространение технологии посадки семян с закрытой корневой системой обусловлено сразу несколькими объективными причинами.

Посадочный материал с закрытой корневой системой изначально дороже обычного в два-четыре раза [16].

Ручная посадка семян с комом почвы по трудоемкости выше, так как объем и вес семян с закрытой корневой системой значительно больше веса и объема обычных семян с открытой корневой системой. В связи с большим весом посадочного материала увеличивается и трудоемкость доставки его до мест посадки.

Механизированная посадка семян с закрытой корневой системой на территории Российской Федерации почти не применяется. Отечественная промышленность практически не выпускает подобную технику [17, 18].

В настоящее время лесные хозяйства Российской Федерации ведут посадку леса как обычными сеянцами, так и сеянцами с закрытой корневой системой. При этом площади посадки сеянцами с закрытой корневой системой будут постепенно увеличиваться и к 2030 году, согласно проекту развития отрасли, должны составить 45%. [11]

Очевидно, что в подобных условиях механизированная посадка леса должна осуществляться универсальными лесопосадочными машинами, которые должны быть способны высаживать как сеянцы с открытой корневой системой, так и сеянцы с закрытой корневой системой. При этом лесопосадочная машина должна быть невысокой стоимости, простой в эксплуатации и обслуживании, не требовать высокой квалификации рабочего персонала [19].

Материалы и методы

В статье рассмотрены современные лесопосадочные машины, а также разработанные и запатентованные конструкции лесопосадочных машин. В качестве методов исследования использовали систематический и патентный поиск. Патентный поиск проводили по базам данных Яндекс.Патенты и Lens.org, используя следующую форму запроса ключевых слов: (reforestation) AND «planting material» OR (planting machine) OR (planting apparatus). Систематический поиск проводили по базам дан-

ных ELibrary.ru и Scopus с формированием следующего алгоритма запроса: (seedling planting) OR

(tree planting), а также (машина лесопосадочная) ИЛИ (посадочный аппарат).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика современных конструкций лесопосадочных машин
Table 1 – Comparative characteristics of modern designs of planting machines

| № | Тип конструкции Type of construction | Агрегируется с тракторами Aggregates with tractors | Место посадки Place to plant | Принцип посадки The principle of planting | Материал для посадки Material for planting | Производительность шт/ч Productivity pcs/hour |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Сажалка брикетов САБ -1А Planting briquettes SUB-1A | 3-го тягового класса с номинальным тяговым усилием 30 кН 3rd traction class with a nominal traction force of 30 kN | в борозду into the furrow | Непрерывного действия Continuous operation | Саженцы с ЗКС Seedlings with CRS | 500-550 |
| 2 | Лесопосадочная машина (Патент на полезную модель № 177604 U1) Forest planting machine (Utility model Patent No. 177604 U1) | 3-го тягового класса с номинальным тяговым усилием 30 кН 3rd traction class with a nominal traction force of 30 kN | в борозду into the furrow | Непрерывного действия Continuous operation | Сеянцы с ЗКС Seedlings with CRS | Расчетная производительность 1000-1200 Estimated capacity 1000-1200 |
| 3 | Машина для посадки сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой (Патент № 2555009 C2) Machine for planting seedlings and seedlings with a closed root system (Patent No. 2555009 C2) | 3-го тягового класса с номинальным тяговым усилием 30 кН 3rd traction class with a nominal traction force of 30 kN | в борозду into the furrow | Непрерывного действия Continuous operation | Саженцы и сеянцы с ЗКС Nursery raising with CRS | Расчетная производительность 1000-1200 Estimated capacity 1000-1200 |
| 4 | Лесопосадочная машина RisutecMP-160 RisutecMP-160 forest planting machine | Экскаватор 14 – 20 тонн Excavator 14 - 20 tons | В лунку Into the hole | Дискретная Discrete | Сеянцы с ЗКС Seedlings with CRS | До 300 Up to 300 |
| 5 | Лесопосадочная машина M-Planter M-Planter Forest planting machine | Экскаватор 14 – 20 тонн Excavator 14 - 20 tons | В лунку Into the hole | Дискретная Discrete | Сеянцы с ЗКС Seedlings with CRS | До 300 Up to 300 |
| 6 | Лесопосадочная машина BrackeP11.a Bracke P11.a forest planting machine | Экскаватор 14 – 20 тонн Excavator 14 - 20 tons | В лунку Into the hole | Дискретная Discrete | Сеянцы с ЗКС Seedlings with CRS | До 300 Up to 300 |
| 7 | Лесопосадочная машина с цепным посадочным аппаратом ВГЛТУ Forest planting machine with chain planting apparatus VGLTU | 3-го тягового класса с номинальным тяговым усилием 30 кН 3rd traction class with a nominal traction force of 30 kN | в борозду into the furrow | Непрерывного действия Continuous operation | Саженцы и сеянцы с ЗКС, саженцы и сеянцы с открытой корневой системой Nursery raising with CRS, nursery raising an open root system | Расчетная производительность 1000-1200 Estimated capacity 1000-1200 |

Источник: собственные данные авторов
Source: authors' own data

Из патентного и систематического поиска были отобраны наиболее релевантные конструкции лесопосадочных машин и оценена степень их сходства и различия по параметрам: агрегатирования с трактором, места посадки, принципа посадки, материала для посадки, производительности.

Оценку степени сходства и различия отобранных конструкций проводили на основе статистического анализа – иерархической классификации – оценивающего удаленность параметров сравнения от центра на основании квадрата эвклидова расстояния методом межгрупповой связи.

Результаты и обсуждение

Сравнительная характеристика наиболее релевантных условиям систематического поиска конструкций лесопосадочных машин представлена в табл. 1, а иерархическая диаграмма на рис. 1.

Анализ статистической диаграммы показывает, что максимально приближены внутри групп (на расстоянии 1,5 от центра) конструкции (5,6,4) и (2,3,7) из табл. 1, образующие две группы машин: А1 и Б1. На расстоянии 2,5 от центра располагается конструкция 1 и группа А1 (5,6,4), образующие группу А2, что делает их менее схожими по пяти рассматриваемым параметрам из табл. 1.

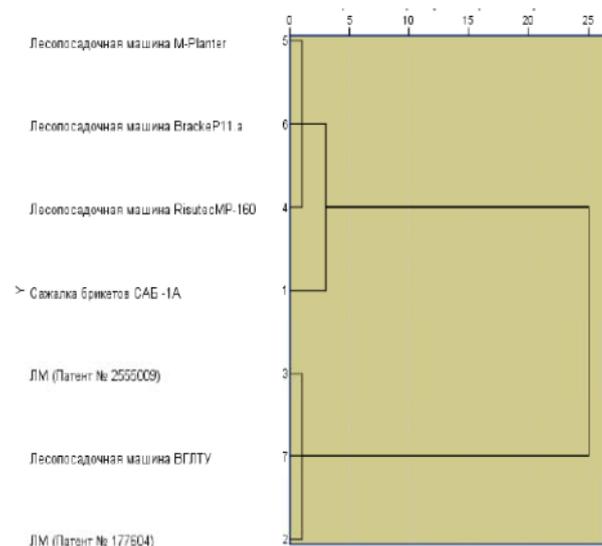


Рисунок 1. Иерархическая диаграмма сходства и различия конструкций лесопосадочных машин
Figure 1. Hierarchical diagram of similarities and differences in the designs of planting machines

Источник: Собственная схема авторов
Source: Authors' own scheme

Самыми несхожими согласно диаграмме (на уровне 25 от центра) являются группы Б1 и объединенная группа А2. Данный анализ подтверждает наличие схожих достоинств и недостатков в указанных группах, которые более подробно рассмотрены далее.

Разработанные конструкции лесопосадочных машин для посадки сеянцев с закрытой корневой системой имеют ряд недостатков.

Например, машина для посадки саженцев с закрытой корневой системой САБ-1А осуществляет посадку в автоматическом режиме, дисковый сошник создает посадочную щель, в которую при помощи саженцепровода квадратного сечения подаются саженцы, корневая система которых уплотняется прикатывающим катком.

Сажалке присущи определенные недостатки, главным из которых является некачественная посадка вследствие значительного отклонения саженцев от вертикали, нарушения глубины заделки и др. [20].

Лесопосадочная машина для сеянцев с закрытой корневой системой (Патент на полезную модель № 177604 U1) [21] (рис. 2) работает так.

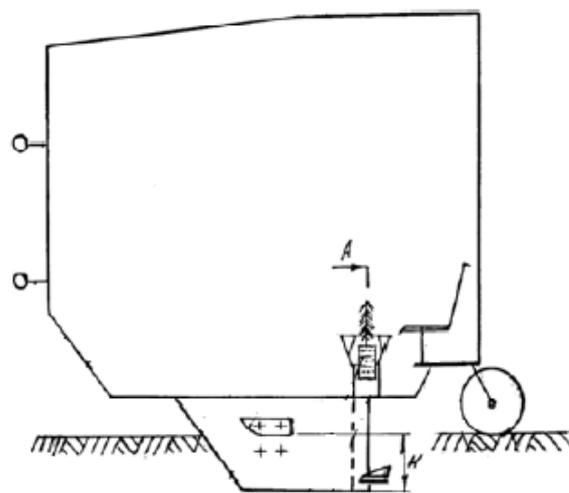


Рисунок 2. Лесопосадочная машина (патент на полезную модель № 177604 РФ)

Figure 2. Forest planting machine patent 177 604 RU

Источник: Патент на полезную модель [21]
Source: Utility model patent [21]

Сошник коробчатой формы выполняет посадочную щель нужной глубины, посадка осуществляется опусканием сеянца по саженцепроводу под действием силы тяжести. Дно саженцепровода вы-

полнено под наклоном, задняя стенка имеет вырез, через который сеянец и попадает в борозду. Корневая система уплотняется катками.

Сажалка также несовершенна, сеянец в момент заделки грунтом падает в борозду и никак не контролируется. Глубина посадки сеянца ограничивается глубиной борозды, угол же отклонения от вертикали при посадке может быть значительным.

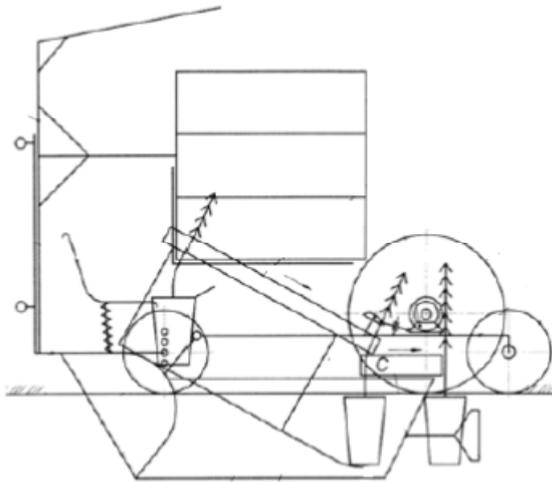


Рисунок 3. Машина для посадки сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой патент № 2555009 С2

Figure 3. A machine for planting seedlings and seedlings with a closed root system patent No. 2555009 С2

Источник: Патент на полезную модель [20]
Source: Utility model patent [20]

Машина для посадки сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой (Патент № 2555009 С2) (рис. 3) конструктивно более совершенна, механизм подачи – скатная доска и посадочный аппарат в виде ременных передач обеспечивают нулевую скорость саженца относительно почвы.

Однако при работе лесопосадочной машины при перекладке растений из наклонного ременного транспортера в горизонтальный возможно повреждение саженца, кроме того, ременные передачи не обладают постоянным передаточным числом из-за проскальзывания, также ременные передачи склонны к провисанию [21].

Зарубежные образцы современной лесопосадочной техники (например, Risutec MP-160 (Фин-

ляндия) (рис. 4), M-Planter (Финляндия) (рис. 5) или Braske P11.a (Швеция) (рис. 6)) имеют значительную стоимость и требуют наличия агрегируемой тяжелой техники (с высокими энергозатратами), такой как экскаватор или харвестер.

Эти машины требуют высоких затрат как при работе, так и при их обслуживании и хранении.

В силу значительных отличий климатических условий на территории Российской Федерации от скандинавских стран (более сухой климат) посадку необходимо проводить в более сжатые сроки весной и осенью, с учетом огромных площадей, требующих лесовосстановления, применение импортных машин дискретного типа становится нерациональным из-за их низкой производительности (до 300 шт./ч).

Кроме того, подобным машинам сложно обеспечить линейную посадку лесных насаждений, а шахматная посадка значительно затрудняет дальнейший уход за саженцами [12, 14, 22, 23, 24, 25, 26].

В соответствии с предъявляемыми требованиями в Воронежском государственном лесотехническом университете была разработана конструкция универсальной лесопосадочной машины с посадочным аппаратом цепного типа.

Посадочная машина с цепным посадочным аппаратом (рис. 7) состоит из рамы 1, сошника 2, уплотняющих катков 3, цепного посадочного аппарата 4, приводных опорных колес 5, цепной передачи привода посадочного аппарата 6, кресла сажальщика 7 и ящика для посадочного материала 8.

Лесопосадочная машина с цепным посадочным аппаратом высаживает сеянцы в посадочную щель, образуемую сошником при движении сажалки. Сажальщик перемещает сеянец из ящика для посадочного материала в захват цепного посадочного аппарата на его вертикальном участке корнями вниз. Захват переносит саженец на горизонтальный участок в посадочную щель, сохраняя его вертикальное положение, при этом обеспечивается нулевая скорость саженца относительно земли, до его засыпания почвой.

Затем захват открывается и перемещается вверх. Корни растения уплотняются в почве при помощи уплотняющих катков. Шаг посадки можно

регулировать, изменяя количество захватов на цепях посадочного аппарата.



Рисунок 4. Лесопосадочная машина RisutecMP-160
Figure 4. Risutec MP-160 forest planting machine

Источник: Forestry machinery for productive silviculture. URL: <https://risutec.fi/> (дата обращения: 18.09.2021).

Source: Forestry machinery for productive silviculture. URL: <https://risutec.fi/> (date of access: 18.09.2021)

Цепной посадочный аппарат нового типа (рис. 8) состоит из двух цепей 1, соединенных между собой втулками 2, захватов 3, оси которых расположены во втулках, блока приводных звездочек 4, ведомых звездочек 5, планки открывания захватов 6, успокоителя 7, ответного механизма 8.

В лесопосадочной машине захваты цепного посадочного аппарата выполнены качающимися, для этого ось каждого захвата располагается во втулке, прикрепленной к цепи. Захват будет сохранять горизонтальное положение, при этом саженец будет располагаться вертикально до самого засыпания растения грунтом. Нужная ориентация захвата обеспечивается за счет ответного механизма и ролика, соединенного с осью захвата. Захваты выполнены постоянно закрытыми. Открытие захватов происходит только при помещении семян в захват на вертикальном участке и после засыпания грунтом в момент освобождения семян в конце цикла посадки.



Рисунок 5. Лесопосадочная машина M-Planter
Figure 5. M-Planter planting machine

Источник: M-Planter-M- Planter Oy. URL: <http://www.m-planter.fi/en/M-Planter.html> (дата обращения: 18.09.2021)

Source: M-Planter-M- Planter Oy. URL: <http://www.m-planter.fi/en/M-Planter.html> (date of access: 18.09.2021)



Рисунок 6. Лесопосадочная машина BrackeP11.a
Figure 6. Bracke P11.a planting machine

Источник: Посадочный агрегат Bracke P11.a. URL: <http://reforestation.ru/aggregates/p11/> (дата обращения: 18.09.2021).

Source: Posadochnyj agregat Bracke P11.a. URL: <http://reforestation.ru/aggregates/p11/> (date of access: 18.09.2021).

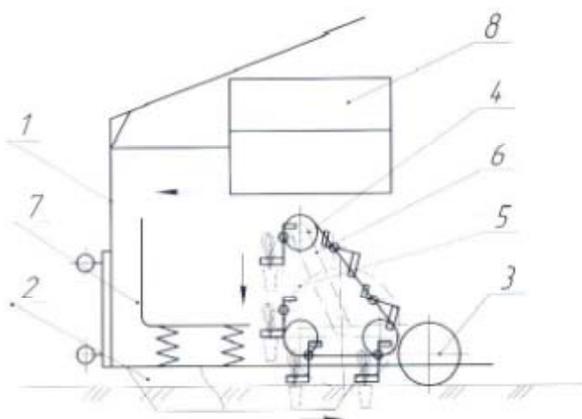


Рисунок 7. Схема лесопосадочной машины с цепным посадочным аппаратом

Figure 7. Diagram of a forest planting machine with a chain planting apparatus

Источник: Собственная схема авторов
Source: Authors' own scheme

Привод посадочного аппарата осуществляется от приводных опорных колес. Защита посадочного аппарата и его привода от перегрузки осуществляется предохранительной муфтой.

Главным достоинством цепного посадочного аппарата является то, что нулевая скорость сеянца относительно земли обеспечивается не в одной точке внизу траектории, как у лучевого посадочного аппарата, а на некотором отрезке, что значительно повышает качество посадки.

Заключение

Разработанные универсальные лесопосадочные машины достаточно просты конструктивно. Большинство узлов и механизмов данных лесопо-

садочных машин унифицировано с уже выпускаемыми лесопосадочными машинами (например, СЛН-1). Эксплуатация и обслуживание этих машин также не вызовет затруднений, так как новая машина агрегируется с теми же тракторами, что уже имеются в лесном хозяйстве страны.

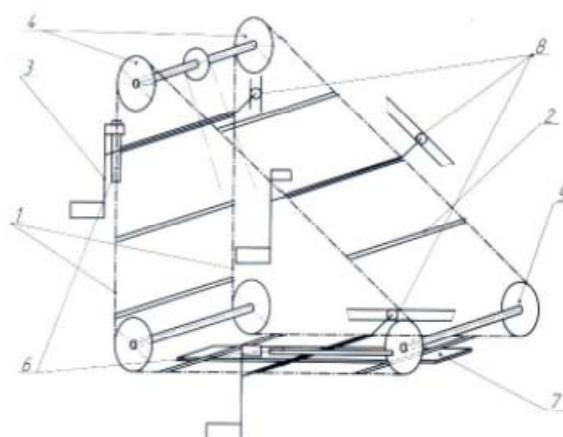


Рисунок 8. Цепной посадочный аппарат нового типа

Figure 8. A new type of chain planter

Источник: Собственная схема авторов
Source: Authors' own scheme

В условиях, когда требуется посадка сеянцев как с открытой, так и с закрытой корневой системой, универсальность данных лесопосадочных машин позволит сократить номенклатуру машин в лесном хозяйстве и уменьшить затраты на их хранение и эксплуатацию.

Список литературы

1. Авдоница А. М. Национальный проект "Экология": робкие шаги к реализации. Экономическое развитие России. 2019. Т. 26. № 5. С. 53-55.
2. Шихов, А. Н., Зарипов А. С. Многолетние тренды потерь лесов от пожаров и ветровалов на северо-востоке Европейской России. Сборник тезисов докладов шестнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, 12–16 ноября 2018 года / Институт космических исследований Российской академии наук. Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2018. С. 453.
3. Вертакова, Ю. В., Есенкова Г. А., Евченко А. В. Состояние и приоритеты цифровизации лесного хозяйства России в условиях институциональной трансформации экономики и общества. Повышение эффективности управления устойчивым развитием лесопромышленного комплекса : Материалы Всероссийской

научной конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, 15–16 октября 2020 года / Редколлегия: Е.А. Яковлева [и др.]. Воронеж: Издательство "Знание-М", 2020. С. 215-221. DOI 10.38006/907345-73-7.2020.215.221.

4. Пресс-служба Минприроды России / Подведены предварительные итоги пожароопасного сезона 2020 года: 10 субъектов РФ не допустили ни одного лесного пожара. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/podvedeny_predvaritelnye_itogi_pozharoопасного_sезона_2020_goda_10_subekt_ov_rf_ne_dopustili_ni_odnog/ (дата обращения: 18.09.2021).

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 №312-р «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 18.09.2021).

6. Шварц Е. А., Ярошенко А. Ю., Замолодчиков Д. Г., Шматков Н. М. О новой стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Устойчивое лесопользование. 2021. № 1(65). С. 2-6. DOI 10.12345/2308-541X_2021_65_1_2.

7. Мочалов Б. А., Бобушкина С. В. Лесокультурное производство - основа непрерывности лесопользования. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 4 (382). С. 80-96. DOI 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96.

8. Федеральный национальный проект «Экология». URL: <https://buhguru.com/spravka-info/nats-proekt-ekologiya.html> (дата обращения: 18.09.2021).

9. Корчагов С. А., Грибов С. Е., Обрядина О. Ю. Экономическая оценка создания лесных культур различным видом посадочного материала. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 5 (359). С. 92-102. DOI 10.17238/issn0536-1036.2017.5.92.

10. Оплетаев А. С. Залесов С. В., Жигулин Е. В. Состояние лесных питомников на территории Свердловской области. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3-1 (93). С. 77-84. DOI 10.23670/IRJ.2020.93.3.011.

11. Бобушкина С. В., Сеньков А. О., Файзулин Д. Х. Практика выращивания лесного посадочного материала с закрытой корневой системой применительно к тепличным комплексам Архангельской области. Вопросы лесной науки. 2020. Т. 3. № 4. С. 1-16. DOI 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-16.

12. Ghaffariyan, Mohammad. (2021). A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting. *Silva Balcanica*. 22. 25-32. DOI: 10.3897/silvabalcanica.22.e64233.

13. Manner, J.; Ersson, B.T. Mechanized tree planting in Nordic forestry: Simulating a machine concept for continuously advancing site preparation and planting. *J. For. Sci.* 2021, 67, 242–246, doi:10.17221/203/2020-JFS.

14. Проказин Н. Е., Бартенев И. М., Родин С. А. Динамика приживаемости и роста культур сосны обыкновенной на горельнике в лесостепной зоне. Современная лесная наука: проблемы и перспективы : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 20–22 декабря 2017 года. Воронеж: Истоки, 2017. С. 335-338.

15. Ramantswana, M., Guerra, S.P.S., Ersson, B.T. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review. *CurrForestryRep* 6, 143-158 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00114-7>

16. Малышева В. И., Чернышов М. П. Выращивание семян сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в Воронежской области. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. Т. 8. № 3 (50). С. 316-321.

17. Бубнов С. С., Малоков С. В., Аксенов А. А. Обзор конструкций лесопосадочных машин для открытых площадей и расчищенных вырубок. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. Т. 8. № 1 (48). С. 29-34. DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-29-34.

18. Luoranen, Jaana & Viiri, Heli. (2016). Deep planting decreases risk of drought damage and increases growth of Norway spruce container seedlings. *New Forests*. 47. 10.1007/s11056-016-9539-3.

19. Zelikov V. A., Kadali B. Raghuram, Stasyuk V. V., Kazachek M. N. Use of fuses of increased accuracy in the drives of rotary forestry machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 23 октября 2020 года. Voronezh, 2020. P. 012065. DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012065.

20. Патент на полезную модель № 169357 U1 Российская Федерация, МПК A01C 11/02. Машина для посадки семян с закрытой корневой системой : № 2016135813 : заявл. 05.09.2016 : опубл. 15.03.2017 / А. А. Мартынюк, В. И. Казаков, Н. Е. Проказин [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства (ФБУ ВНИИЛМ).

21. Патент на полезную модель № 177604 U1 Российская Федерация, МПК A01C 11/02. Лесопосадочная машина для семян с закрытой корневой системой : № 2017118411 : заявл. 26.05.2017 : опубл. 02.03.2018 / А. А. Мартынюк, В. И. Казаков, Н. Е. Проказин [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства" (ФБУ ВНИИЛМ).

22. Laine, Tiina. (2017). Mechanized tree planting in Finland and improving its productivity. *Dissertationes Forestales*. 2017. 10.14214/df.239.

23. Ersson, B.T.; Laine, T.; Saksa, T. Mechanized tree planting in Sweden and Finland: Current state and key factors for future growth. *Forests* 2018, 9, 370, doi:10.3390/f9070370.

24. Holl, Karen, Brancalion, Pedro. (2020). Tree planting is not a simple solution. *Science*. 368. 580-581. 10.1126/science.aba8232.

25. Dumroese, R.K.; Balloffet, N.; Crockett, J.W.; Stanturf, J.A.; Nave, L.E. A national approach to leverage the benefits of tree planting on public lands. *New For.* 2019, 50, 1–9, doi:10.1007/s11056-019-09703-2.

26. Герц Э. Ф., Мехренцев А. В., Побединский В. В. Повышение эффективности мультифункциональных машин для ведения интенсивного лесного хозяйства. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2021. № 1 (379). С. 138-149. DOI 10.37482/0536-1036-2021-1-138-149.

References

1. Avdonina A. M. Nacional'nyj proekt "Jekologija": robkie shagi k realizacii. *Jekonomicheskoe razvitie Rossii*. 2019. Vol. 26. № 5. S. 53-55.

2. Shihov A. N., Zaripov A. S. Mnogoletnie trendy poter' lesov ot pozharov i vetrovalov na severo-vostoke Evropejskoj Rossii. *Sbornik tezisev dokladov shestnadcatoj Vserossijskoj otkrytoj konferencii "Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa"*, Moskva, 12–16 nojabrja 2018 goda / Institut kosmicheskikh issledovanij Rossijskoj akademii nauk. Moskva: Institut kosmicheskikh issledovanij Rossijskoj akademii nauk, 2018. S. 453.

3. Vertakova Ju. V., Esenkova G. A., Evchenko A. V. Sostojanie i priority cifrovizacii lesnogo hozjajstva Rossii v uslovijah institucional'noj transformacii jekonomiki i obshhestva. *Povyshenie jeffektivnosti upravlenija ustojchivym razvitiem lesopromyshlennogo kompleksa : Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 90-letiju Voronezhskogo gosudarstvennogo lesotehničeskogo universiteta imeni G. F. Morozova, Voronezh, 15–16 oktjabrja 2020 goda / Redkollegija: E.A. Jakovleva [i dr.]*. Voronezh: Izdatel'stvo "Znanie-M", 2020. S. 215-221. DOI 10.38006/907345-73-7.2020.215.221.

4. Press-sluzhba Minprirody Rossii / Podvedeny predvaritel'nye itogi pozharoопасного сезона 2020 goda: 10 sub#ektov RF ne dopustili ni odnogo lesnogo pozhara. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/podvedeny_predvaritelnye_itogi_pozharoопасного_сезона_2020_goda_10_subektov_rf_ne_dopustili_ni_odnog/ (data obrashhenija: 18.09.2021).

5. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 11.02.2021 №312-r «Strategija razvitija lesnogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2030 goda». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (data obrashhenija: 18.09.2021).

6. Shvarc E. A., Jaroshenko A. Ju., Zamolodchikov D. G., Shmatkov N. M. O novej strategii razvitija lesnogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2030 goda. Ustojchivoe lesopol'zovanie. 2021. № 1 (65). S. 2-6. DOI 10.12345/2308-541X_2021_65_1_2.
7. Mochalov B. A., Bobushkina S. V. Lesokul'turnoe proizvodstvo – osnova nepreryvnosti lesopol'zovanija. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2021. № 4 (382). S. 80-96. DOI 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96.
8. Federal'nyj nacional'nyj proekt «Jekologija». URL: <https://buhguru.com/spravka-info/nats-proekt-ekologiya.html> (data obrashhenija: 18.09.2021).
9. Korchagov S. A., Gribov S. E., Obrjadina O. Ju. Jekonomicheskaja ocenka sozdanija lesnyh kul'tur razlichnym vidom posadochnogo materiala. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2017. № 5 (359). S. 92-102. DOI 10.17238/issn0536-1036.2017.5.92.
10. Opletaev A. S. Zalesov S. V., Zhigulin E. V. Sostojanie lesnyh pitomnikov na territorii Sverdlovskoj oblasti. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2020. № 3-1(93). S. 77-84. DOI 10.23670/IRJ.2020.93.3.011.
11. Bobushkina S. V., Sen'kov A. O., Fajzulin D. H. Praktika vyrashhivaniya lesnogo posadochnogo materiala s zakrytoj kornevoj sistemoj primenitel'no k teplichnym kompleksam Arhangel'skoj oblasti. Voprosy lesnoj nauki. 2020. Vol. 3. № 4. S. 1-16. DOI 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-16.
12. Ghaffariyan, Mohammad. (2021). A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting. *Silva Balcanica*. 22. 25-32. 10.3897/silvabalcanica.22.e64233.
13. Manner, J.; Ersson, B.T. Mechanized tree planting in Nordic forestry: Simulating a machine concept for continuously advancing site preparation and planting. *J. For. Sci.* 2021, 67, 242–246, doi:10.17221/203/2020-JFS.
14. Prokazin N. E., Bartenev I. M., Rodin S. A. Dinamika prizhivaemosti i rosta kul'tur sosny obyknovennoj na gorelnike v lesostepnoj zone. *Sovremennaja lesnaja nauka: problemy i perspektivy : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Voronezh, 20–22 dekabrja 2017 goda. Voronezh: Istoki, 2017. S. 335-338.*
15. Ramantswana, M., Guerra, S.P.S., Ersson, B.T. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review. *CurrForestryRep* 6, 143-158 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00114-7>
16. Malysheva V. I., Chernyshov M. P. Vyrashhivanie sejancev sosny obyknovennoj s zakrytoj kornevoj sistemoj v Voronezhskoj oblasti. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika*. 2020. Vol. 8. № 3(50). S. 316-321.
17. Bubnov S. S., Maljukov S. V., Aksenov A. A. Obzor konstrukcij lesoposadochnykh mashin dlja otkrytyh ploshhadej i raschishhennykh vyrubok. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika*. 2020. Vol. 8. № 1(48). S. 29-34. DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-29-34.
18. Luoranen, Jaana & Viiri, Heli. (2016). Deep planting decreases risk of drought damage and increases growth of Norway spruce container seedlings. *New Forests*. 47. 10.1007/s11056-016-9539-3.
19. Zelikov V. A., Kadali B. Raghuram, Stasyuk V. V., Kazachek M. N. Use of fuses of increased accuracy in the drives of rotary forestry machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 23 oktjabrja 2020 goda. – Voronezh, 2020. – P. 012065. – DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012065.*
20. Patent na poleznuju model' № 169357 U1 Rossijskaja Federacija, MPK A01C 11/02. Mashina dlja posadki sejancev s zakrytoj kornevoj sistemoj : № 2016135813 : zajavl. 05.09.2016 : opubl. 15.03.2017 / A. A. Mar-tynjuk, V. I. Kazakov, N. E. Prokazin [i dr.] ; zajavitel' Federal'noe bjudzhetnoe uchrezhdenie "Vserossij-skij nauchno-issledovatel'skij institut lesovodstva i mehanizacii lesnogo hozjajstva (FBU VNIILM).
21. Patent na poleznuju model' № 177604 U1 Rossijskaja Federacija, MPK A01C 11/02. Lesoposa-dochnaja mashina dlja sejancev s zakrytoj kornevoj sistemoj : № 2017118411 : zajavl. 26.05.2017 :opubl. 02.03.2018 / A. A. Martynjuk, V. I. Kazakov, N. E. Prokazin [i dr.] ; zajavitel' Federal'noe bjudzhetnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut lesovodstva i mehanizacii lesnogo ho-zjajstva" (FBU VNIILM).
22. Laine, Tiina. (2017). Mechanized tree planting in Finland and improving its productivity. *Dissertationes Forestales*. 2017. 10.14214/df.239.

23. Ersson, B.T.; Laine, T.; Saksala, T. Mechanized tree planting in Sweden and Finland: Current state and key factors for future growth. *Forests* 2018, 9, 370, doi:10.3390/f9070370.

24. Holl, Karen, Brancalion, Pedro. (2020). Tree planting is not a simple solution. *Science*. 368. 580-581. 10.1126/science.aba8232.

25. Dumroese, R.K.; Balloffet, N.; Crockett, J.W.; Stanturf, J.A.; Nave, L.E. A national approach to leverage the benefits of tree planting on public lands. *New For.* 2019, 50, 1–9, doi:10.1007/s11056-019-09703-2.

26. Gerc Je. F., Mehrencev A. V., Pobedinskij V. V. Povyshenie jeffektivnosti mul'tifunkcional'nyh mashin dlja vedenija intensivnogo lesnogo hozjajstva. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2021. № 1(379). S. 138-149. DOI 10.37482/0536-1036-2021-1-138-149.

Сведения об авторах

Драпалюк Михаил Валентинович – доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8029-2706>, e-mail: md@vglta.vrn.ru.

Стасюк Владимир Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8689-955X>, e-mail: stasiuk.volodya@yandex.ru.

Зеликов Владимир Анатольевич ✉ – доктор технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2317-9413>, e-mail: zelikov-vrn@mail.ru.

Information about the authors

Mikhail V. Drapalyuk – Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8029-2706>, e-mail: md@vglta.vrn.ru.

Vladimir V. Stasyuk – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transportation Organization and Traffic Safety, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8689-955X>, e-mail: stasiuk.volodya@yandex.ru.

Vladimir A. Zelikov ✉ – Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Transportation Organization and Traffic Safety, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2317-9413>, e-mail: zelikov-vrn@mail.ru

✉ – Автор для корреспонденции/Corresponding author