

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени С.М. Кирова»  
(СПбГЛТУ)

Институтский пер., дом 5, литер У,  
Санкт-Петербург 194021  
тел. (812) 217-92-31, факс (812) 217-93-22  
E-mail: [public@spbftu.ru](mailto:public@spbftu.ru), <http://spbftu.ru/>  
ОКПО 02068456 ОГРН 1027801536058  
ИНН 7802071697 КПП 780201001

19.11.2025 № 08-41/436

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной  
и международной деятельности  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный лесотехнический  
университет имени С. М. Кирова»,  
кандидат с.-х. наук, доцент

Добровольский  
Александр Александрович



## ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им. С.М. Кирова») на диссертационную работу Черник Кристины Николаевны на тему «Система подачи сеянцев с закрытой корневой системой в посадочный аппарат лесопосадочной машины», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины

На отзыв представлены автореферат и диссертация, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

Работа изложена на 152 страницах машинописного текста, включая 48 рисунков и 19 таблиц. Библиографический список из 100 наименований, в том числе 62 зарубежных источников. В приложениях приведены результаты экспериментальных исследований и акты апробации

## Актуальность темы диссертационной работы

В рамках национального проекта запланировано расширение площадей искусственного лесовосстановления за счет преимущественного использования сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС), характеризующихся повышенной

способностью к адаптации и сохранению корневых систем в процессе транспортирования и посадки.

Технология выращивания и посадки сеянцев с ЗКС зарекомендовала себя как высокоэффективная мера, обеспечивающая повышение приживаемости молодняка и снижение рисков гибели саженцев в экстремальных климатических условиях. Кроме того, данная технология позволяет значительно расширить сезон лесопосадочных работ, позволяя проводить мероприятия в течение всего периода вегетации.

Вместе с тем современная практика лесовосстановления сталкивается с серьезными техническими ограничениями, связанными с эксплуатацией традиционных лесопосадочных машин, где основное ограничение производительности обусловлено ручной подачей сеянцев в посадочный аппарат. Данная операция значительно снижает темп работы, ухудшает качественные показатели лесовосстановления и увеличивает риски пропуска посадочного материала.

Отечественная промышленность практически не производит лесопосадочные машины, оснащенные механизированной подачей сеянцев в посадочный аппарат, что ставит перед наукой и производством задачу разработки отечественных аналогов подобного оборудования, обладающих высокими показателями доступности, простоты эксплуатации и ремонтпригодности. Таким образом, создание рациональной и технологически обоснованной системы подачи сеянцев с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины представляется актуальной задачей, решение которой способно существенно повысить эффективность мероприятий по восстановлению лесов.

### **Научная новизна результатов исследования**

Научная новизна работы заключается в разработке комплексного решения, направленного на модернизацию и повышение эффективности механизированной посадки сеянцев с ЗКС лесопосадочными машинами непрерывного действия. Впервые проведена детальная проработка системы подачи сеянцев с ЗКС, устраняющая необходимость ручного труда оператора и способствующая повышению производительности лесопосадочных работ.

Конструктивно-технологическая схема и алгоритм работы системы разработаны с учетом специфики машин непрерывного действия и обеспечивают оптимальную организацию технологического процесса, сводящую к минимуму вероятность пропусков и сбоев при посадке. Особое внимание уделено математическому моделированию рабочих процессов системы подачи, что позволяет определять наиболее эффективные параметры и оптимизировать конструкцию исполнительного органа.

Важнейшим аспектом работы является установление зависимости между основными факторами, влияющими на процесс извлечения семян из кассет, и величиной усилия, возникающего при захвате семян рабочим органом. Данное исследование раскрывает потенциал для повышения надежности и стабильности работы лесопосадочной техники.

В результате анализа и моделирования выявлены оптимальные режимы работы системы подачи, гарантирующие минимальные усилия при извлечении семян и максимальную производительность. Эти данные позволяют создать более надежные и эффективные лесопосадочные машины, соответствующие современным требованиям эффективного лесовосстановления.

В целом, результаты исследования вносят оригинальный вклад в теорию и практику механизированного лесовосстановления, демонстрируя комплексный подход к решению актуальной задачи повышения эффективности посадочных работ с использованием семян с ЗКС.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Практическая значимость работы заключается в разработке конструктивно-технологической схемы и математической модели механизированной системы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины непрерывного действия. Результаты исследования позволили разработать перспективную систему, обеспечивающую беспрецедентное повышение производительности лесопосадочных работ до 67,2%.

Основные результаты и практическая значимость:

- разработана система подачи семян с ЗКС, позволяющая исключить ручной труд оператора и свести к минимуму или полностью ликвидировать пропуски семян в процессе посадки.

- проведенное математическое моделирование и экспериментальные исследования выявили оптимальные режимы работы лесопосадочной машины, обеспечивающие максимальную производительность в пределах от 952 до 4181 семян в час.

- установлено, что максимальный уровень усилия, возникающего при извлечении семени из кассеты, не превышает 25 Н, а определяющим фактором этого усилия выступает продольная сила корней.

- доказано, что использование специальных толкателей без обрезки корней неэффективно, так как не снижает усилие извлечения семени. Введение дополнительных операций, таких как предварительное выталкивание кома из ячеек, не требуется, поскольку семена не получают повреждений при извлечении.

- выполненное технико-экономическое обоснование показало, что система окупится за 1,23 года или менее чем за три сезона, что соответствует объему высаженных сеянцев на площади 542 гектара.

Результаты работы успешно апробированы и включены в план развития компании ООО «Инсайт-проект» (г. Красноярск), что подтверждает их актуальность и готовность к внедрению в лесохозяйственную практику.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту**

Представленные в диссертационной работе Черник К.Н. научные положения, выводы и заключения не вызывают сомнений. Научные положения, выносимые на защиту, обоснованы и достоверны благодаря комплексному подходу к исследованию и выбору надежных методов анализа. Достоверность полученных результатов обеспечена широким арсеналом научных методов и подходов, включая:

- математическое моделирование, подкрепленное применением математического пакета программ MathCAD;

- машинный эксперимент, реализованный с использованием специализированного модуля кинематического и динамического анализа SolidWorks Motion;

- экспериментальные исследования, проведенные с привлечением современного испытательного оборудования и статистической обработки данных программой STATGRAPHICS® Centurion.

Так, конструкционно-технологическая схема системы подачи сеянцев с ЗКС разработана на основе анализа современных тенденций и потребностей лесопосадочных работ. Математическая модель рабочих процессов учитывает реальные условия эксплуатации и технологические ограничения, что позволяет прогнозировать оптимальные характеристики системы подачи.

Зависимость влияния основных факторов на величину усилия извлечения сеянцев из кассет установлена экспериментальным путем, а оптимальные режимы работы лесопосадочной машины определены с помощью многофакторного эксперимента и регрессионного анализа.

Приведенные результаты свидетельствуют о высоком уровне обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, которые полностью соответствуют установленным стандартам научных исследований и готовы к защите.

## **Значимость для науки и производства результатов работы, полученных автором**

Выполненные соискателем исследования позволяют дополнить имеющиеся знания в области конструкций и функционирования лесопосадочных машин, а также технологии искусственного лесовосстановления.

Проведенные исследования и разработка конструкции механизма посадки семян с закрытой корневой системой лесопосадочной машиной непрерывного действия позволили обосновать необходимость усовершенствования машины непрерывного действия путем внедрения системы подачи семян с ЗКС для исключения ручного труда оператора; разработать конструктивно-технологическую схему системы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины непрерывного действия; смоделировать процессы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины; обосновать основные характеристики системы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины; получить новые экспериментальные данные, характеризующие рабочие процессы системы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины непрерывного действия.

Применение разработанного программного обеспечения и технологических рекомендаций позволяет увеличить производительность лесопосадочных работ до 67,2%, причем диапазон производительности варьируется от 952 до 4181 семян в час в зависимости от шага посадки и рабочей скорости машины. Стоимость разработанной системы составляет 434 836,15 руб., что в 3,45 раза ниже стоимости серийной лесопосадочной машины ZKT Wolf Pro. Замена ручного труда механической системой подачи позволяет полностью исключить расходы на подготовку и обработку семян, при этом затраты на ручную посадку составляют около 7,88 руб. за сеянец, или 15 756 руб. на га. Внедрение системы окупится за 1,23 года, что соответствует высадке семян на площади 542 га.

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты и выводы диссертации рекомендуются к внедрению в технологических процессах искусственного лесовосстановления с применением механизированной посадки саженцев лесопосадочными машинами непрерывного действия.

Результаты работы реализованы в виде предложенной конструкции механизированной системы подачи семян с ЗКС в посадочный аппарат лесопосадочной машины непрерывного действия.

Выполненные разработки позволяют определить наилучшие характеристики системы исходя из технологических и технических

возможностей исполнительных механизмов и устройств лесопосадочной машины, позволяющие повысить производительность лесопосадочной машины.

Использование полученных автором результатов позволяет повысить эффективность искусственного лесовосстановления с повышением производительности лесопосадочного оборудования и снижением пропусков семян в процессе посадки.

### **Оценка структуры и содержания диссертационной работы**

**Во введении** автором обоснована актуальность работы, отмечена степень разработанности темы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна и практическая значимость.

**В первой главе** проанализированы современные технологии и технические решения механизированной посадки семян с ЗКС. Выделены недостатки зарубежных систем, таких как ручная загрузка семян, сложность их бережного извлечения, малый запас посадочного материала и остановка машины для пополнения семян. Для повышения эффективности лесопосадочных работ предложено оснастить машины непрерывного действия механизированной системой подачи семян с ЗКС, исключая ручной труд и обеспечивающей непрерывный рабочий цикл. Оптимальным решением признано применение S-образного профиля разгона и торможения, позволяющего бережно перемещать семена и поддерживать их целостность.

**Во второй главе** представлена разработанная схема системы подачи семян с ЗКС в лесопосадочную машину непрерывного действия, включающая четыре этапа: извлечение семян из кассет, перемещение их в накопитель, доставку в посадочный аппарат и сброс опустевших кассет. Для синхронизации работы всех этапов вводится условие равенства временных интервалов, зависящих от шага посадки и рабочей скорости трактора. Запас семян в системе рассчитан на непрерывную работу до исчерпания всех 810 семян. Оптимальные характеристики системы рассчитаны на основе математической модели, учитывающей симметричный S-образный профиль разгона и торможения, что обеспечивает плавное движение семян и предотвращает их повреждение. Максимальная производительность системы составляет от 952 до 4181 семян в час в зависимости от шага посадки и скорости машины.

**В третьей главе** проведено комплексное исследование рабочих процессов системы подачи семян с ЗКС в лесопосадочную машину непрерывного действия. Регрессионный анализ экспериментальных данных показал, что с увеличением емкости накопителя с 10 до 14 снижается производительность первой секции от 2,31 до 5,31 раз. Влияние рабочей скорости машины усиливается при уменьшении шага посадки. При шаге посадки 1,98 м повышение скорости с 0,53 до 1 м/с увеличивает производительность первой

секции в 2,11–2,36 раза, а при шаге 0,62 м — в 3,88–13,37 раза. Аналогичный эффект наблюдается и для второй секции, где при шаге 1,98 м увеличение скорости машины приводит к росту производительности в 3,00–3,69 раза, а при шаге 0,62 м — в 3,41–11,70 раза. Количество семян в накопителе не влияет на производительность машины. Определены оптимальные режимы работы лесопосадочной машины с системой подачи семян: количество семян в накопителе — 14, скорость при шаге посадки 0,62 м — 0,61 м/с, скорость при шаге посадки 0,89 м — 0,73 м/с, скорость при шаге посадки 1,16 м — 0,87 м/с, скорость при шаге посадки 1,43 м — 1,0 м/с, скорость при шаге посадки 1,70 м — 1,0 м/с, скорость при шаге посадки 1,98 м — 1,0 м/с. Установлено, что наибольшее влияние на усилие извлечения семени оказывает продольная сила корней, а влияние силы трения и тяжести незначительно (не более 4,3 %). Обрезка корней и использование толкателей влияют слабо, снижая усилие не более чем на 31%. Исходя из этого, рекомендовано отказаться от дополнительных операций по подготовке семян, так как они не приносят значимых преимуществ и не улучшают качество работы системы.

**В четвёртой главе** выполнено технико-экономическое обоснование разработанной системы подачи семян с ЗКС в лесопосадочную машину непрерывного действия. Расчётные данные показали, что совокупные затраты на изготовление рассматриваемой системы составляют 434 836,15 руб., что существенно ниже стоимости стандартной лесопосадочной машины марки ZKT Wolf Pro (в 3,45 раза дешевле). Экономический анализ подтвердил значительные финансовые выгоды от внедрения системы. Было установлено, что наиболее высокие затраты наблюдаются при ручной посадке семян с ЗКС, составляющая 7,88 рублей за единицу, что эквивалентно расходам в размере 15 756 руб. на га. Средняя производительность ручной посадки остаётся низкой и составляет 800 семян в час. Использование лесопосадочных машин дискретного действия снижает затраты до 5,18 руб. за семя, или 10 350,6 руб. на га, при повышении производительности до 2000 семян в час. Применение разработанной системы подачи полностью исключает ручной труд, что приводит к устранению расходов на данную операцию и общему снижению финансовых затрат. Годовые затраты на выполнение посадочных работ с ручной доставкой семян при интенсивности, сопоставимой с максимальными возможностями лесопосадочной машины, могут составлять до 1 574 482 руб. Благодаря внедрению системы подачи вложения окупятся в течение 1,23 года, что соответствует высадке семян на площади 542 га.

#### **Вопросы и замечания по содержанию диссертации**

1. Отсутствует сравнение эффективности работы предлагаемой конструкции лесопосадочной машины с современными аналогами, имеющимися на рынке лесопосадочной техники.

2. Как влияет наличие корневой системы, вышедшей за пределы ячеек, на эффективность посадки и работоспособность лесопосадочной машины?
3. Не обоснована проходимость и работоспособность предложенной конструкции в реальных природно-производственных условиях с наличием препятствий в виде неровностей рельефа местности, порубочных остатков и т.д.
4. Из материалов работы не понятно, какими параметрами машины гарантируется минимизация повреждения посадочного материала.
5. Из текста работы не ясно, какие результаты исследований и зависимости послужили основой для обоснования уровней и шагов варьирования управляемых факторов при реализации многофакторного эксперимента (пункт 3.3).

### **Заключение**

Диссертация Черник Кристины Николаевны на тему «Система подачи семян с закрытой корневой системой в посадочный аппарат лесопосадочной машины» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения по повышению эффективности механизированной посадки семян с закрытой корневой системой лесопосадочными машинами непрерывного действия. Автором разработана конструктивно-технологическая схема и математическая модель системы подачи семян с закрытой корневой системой, исключая ручной труд оператора и обеспечивающая непрерывный рабочий цикл.

Полученные в диссертации выводы и рекомендации соответствуют цели и задачам исследования, имеют корректные формулировки и обладают научной и практической значимостью.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Личный вклад автора в получение результатов, изложенных в диссертации, подтверждается наличием 12 научных работ, включая 3 статьи в периодических научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертация соискателя соответствует критериям, указанным в пункте 9 положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., с изм. и доп. от 18.03.2023 г.). Нарушений пункта 14 положения «О порядке присуждения ученых степеней» не установлено.

Полученные в диссертации научные результаты соответствуют пункту п.3 «Теория и методы воздействия техники и технологий на лесную среду в процессе лесовыращивания, заготовки и переработки древесного сырья» паспорта специальности 4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Автор диссертации «Система подачи семян с закрытой корневой системой в посадочный аппарат лесопосадочной машины» Черник Кристина Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Отзыв на диссертацию и автореферат подготовлен на основании обсуждения его на заседании кафедры технологии лесозаготовительных производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», протокол заседания №11 от 17 ноября 2025 года.

Заведующий кафедрой технологии лесозаготовительных производств, доктор технических наук (05.21.05 – древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки), профессор

Угрюмов  
Сергей Алексеевич

19.11.2025г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 194021, Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, литер У.  
Тел. +7(812) 217-93-21. E-mail: tlzp@spbftu.ru.

