

**С.В. Малюков, М.В. Шавков, Л.Д. Бухтояров, М.Н. Лысыч,
А.Ф. Петков, М.А. Попов, Д.С. Чернков, А.В. Болгов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛЕСОПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ И КАЧЕСТВА ПОСАДКИ СЕЯНЦЕВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Введение. Создание искусственных насаждений древесных и кустарниковых пород производится путем посева и посадки. Наиболее надежным и распространенным методом, вследствие лучшего роста и развития сеянцев и меньшей потребности ухода за ними, является посадка. Посадка леса в настоящее время производится на больших площадях. Ее удельный вес по отношению ко всему объему лесовосстановительных работ постоянно возрастает [Жданов, 1969; Шабанов, 2002; Титов, 2006; Шавков, 2013; Бартенев, 2015].

Лесное хозяйство нашей страны располагает большим парком различных лесопосадочных машин [Бубнов и др., 2020], но, как показывает практика их использования, они имеют ряд существенных недостатков [Драпалюк и др., 2021]. Все это указывает на неудовлетворенность в теории рабочего процесса лесопосадочных машин, компоновке рабочих органов и их конструкции [Шавков, 2013].

В настоящее время стоит задача увеличить количество машин, задействованных в лесовосстановлении, и их производительность. Также необходимо добиться высокой приживаемости высаживаемых сеянцев и саженцев [Черник, Лозовой, 2024]. Такое решение вопроса возможно лишь в том случае, если лесопосадочные машины будут производить качественную посадку сеянцев и саженцев, отвечающую агролесоводственным требованиям [Ghaffariyan, 2021].

Цель исследований – определение тягового сопротивления лесопосадочной машины и качества посадки сеянцев в полевых условиях в зависимости от конструктивных параметров прикатывающих катков.

Материалы и методы. Для проведения опытов в полевых условиях была изготовлена лесопосадочная машина. При изготовлении испытуемого образца учитывались: легкость в сборке, дешевизна конструкции, уни-

фицированность деталей с возможностью использования стандартных узлов и деталей различных машин. Лесопосадочная машина (рис. 1) содержит навесное устройство 1, опорные колеса 2, приводные колеса 3, сошник 4, раму посадочной секции 5, прикатывающие катки 6, цепной посадочный аппарат 7, ящики для посадочного материала 8, кресло сажальщика 9.

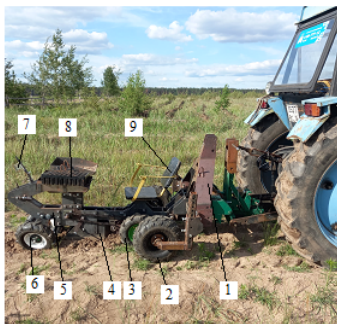


Рис. 1. Общий вид лесопосадочной машины
Fig. 1. General view of the forest planting machine

При движении агрегата сошник 4 образует посадочную борозду. Сажальщик помещает саженец (сеянец) с закрытой корневой системой (ЗКС) в захват цепного посадочного аппарата 7, при этом почвенный ком помещается на специальный лоток. После закрытия захвата при помощи смыкающих пластин саженец перемещается в посадочную борозду. Во время посадки саженец имеет нулевую скорость относительно поверхности земли. Далее захват размыкается, прикатывающие катки 6 уплотняют почву вокруг корней саженца. Шаг посадки может регулироваться за счет увеличения или уменьшения количества захватов на цепном посадочном аппарате 7 [Малюков и др., 2023].

Лесопосадочная машина испытывалась на учебном полигоне кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин (Кожевенный кордон). Для проведения полевых экспериментов были подобраны несколько делянок с длиной участка до 50 м. Тип почвы – супесчаная. Рельеф волнистый с уклонами не более 10°. Лесопосадочная машина агрегатировалась с трактором ЛТЗ-60. Для копирования рельефа местности задняя навеска трактора приводилась в «плавающее положение».

В качестве посадочного материала использовались одно-двухлетние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Усилие выдергивания сеянца из почвы замерялось электронным динамометром (рис. 2), угол наклона сеянца – транспортиром. Шаг посадки измерялся при помощи рулетки, плотность почвы – методом режущего кольца, а влажность почвы – при помощи электронного влагомера (рис. 3). Во время испытаний влажность почвы колебалась в пределах 3,5-5,6%. Влажность и плотность почвы измерялись с шагом 1,5-2 м по всей глубине корневой зоны сеянца.



Рис. 2. Измерение усилия выдергивания сеянца из почвы

Fig. 2. Measuring the force of pulling the seedling out of the soil



Рис. 3. Определение влажности почвы электронным влагомером

Fig. 3. Determination of soil moisture by electronic moisture meter

При проведении полевых исследований использовался метод тензометрирования. В полевых условиях вся тензометрическая аппаратура была установлена в кабине трактора, а ее питание осуществлялось от бесперебойного источника на 650 Ватт. Тензометрическое оборудование (рис. 4) состоит из многоканальной тензометрической станции со встроенным генератором для питания датчика. Тензометрическая станция ZET 058 позволяет произвести сбор данных с S-образного тензодатчика, который установлен на тензометрической навеске.

Передача данных с тензометрической станции Zet 058 на ноутбук осуществлялась по бесперебойному интерфейсу Wi-Fi. В модуль тензостанции была прошита опция *Интерфейс Ethernet*.

Для измерения тягового усилия при проведении полевого эксперимента была использована тензометрическая навеска. Кинематическая схема и ее общий вид представлен на рис. 5.



Рис. 4. Общий вид тензометрического оборудования: а – тензометрическое оборудование; б – тензометрическое оборудование с тензонавеской в работе

Fig. 4. General view of strain gauge equipment: а – strain gauge equipment; б – strain gauge equipment with strain gauge in operation

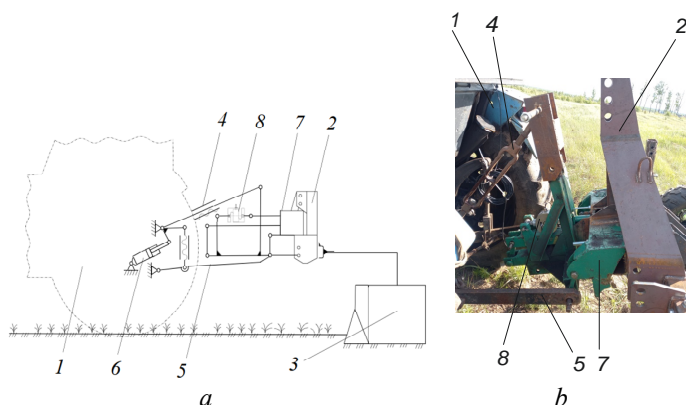


Рис. 5. Общий вид тензометрической навески для определения тягового сопротивления лесопосадочной машины: а – схема тензометрической навески; б – общий вид тензометрической навески

Fig. 5. General view of strain gauge linkage for determining the traction resistance of the forest machine: а – scheme of strain gauge linkage; б – general view of strain gauge linkage

Трактор 1 верхней 4 и нижними тягами 5 цепляется к нижним пальцам тензонавески. Задняя навеска трактора поднималась и опускалась при помощи гидроцилиндра 6. Крепление тензонавески 7 к лабораторному образцу 3 осуществлялось при помощи квадратной трубы за счет шпилек и

проушины рамы 2 лабораторного образца. Это позволило нам жёстко соединить тензонавеску с лабораторным образцом. Сама же тензометрическая навеска состоит из двух рамок, которые могут совершать движения друг относительно друга только в продольном направлении. Соединяются эти две рамки за счет качающихся поводков. Степень свободы при движении вперед ограничивает тензовзвено.

При движении трактора с лабораторным образцом вперед происходит смещение верхней рамки относительно нижней. Из-за смещения этих двух рамок происходит растягивание тензовзвена, в состав которого входят два поводка и S-образный датчик. S-образный датчик, расположенный между двумя поводками, позволяет регистрировать усилия при растяжении или сжатии. Предварительное регулирование напряжения тензовзвена осуществляется за счет гайки крепления тензовзвена к тензонавеске.

При переводе орудия в транспортное положение рамка с присоединенным к ней лабораторным образцом смещается вперед, тем самым снимая нагрузку с тензометрического звена.

На рис. 6 представлен S-образный датчик силы растяжения и сжатия для определения тягового сопротивления.



Рис. 6. Общий вид S-образного датчика силы растяжения и сжатия

Fig. 6. General view of the S-shaped tensile and compressive force sensor

Принцип действия тензодатчика 8 заключается в том, что растягивание тензовзвена в продольном направлении преобразует механическую силу (растяжение/сжатие), которая образуется вдоль оси симметрии датчика, в электрический сигнал. Все сигналы с тензодатчика поступают на тензостанцию и далее в режиме реального времени по средствам бесперебойного интерфейса Wi-Fi поступают на ноутбук. Так как датчик оттари-

рован, программа в режиме реального времени показывает нагрузку, которую испытывает орудие при взаимодействии с почвой. В программе ZETVIEW также содержится множество библиотек и различных виртуальных приборов, посредством которых осуществляются измерения и анализ данных.

Полученные при проведении полевых экспериментов данные сохранялись в виде документов Microsoft Excel. В программе Microsoft Excel для анализа данных использовали установившийся режим работы орудий, когда влияние случайных воздействий минимально. Для обработки экспериментальных данных и их систематизации был использован инструмент «Описательная статистика».

Результаты и их обсуждение.

Результат работы лесопосадочной машины в полевых условиях показан на рис. 7.



Рис. 7. Результат работы лесопосадочной машины
Fig. 7. Result of the forest planting machine

При исследовании варьировали один параметр – расстояние между прикатывающими катками, 130-165 мм, для двух разных катков. Первые катки – диаметр 310 мм, ширина 35 мм. Вторые катки – диаметр 400 мм, ширина 100 мм. В работе [Бартенев, 2015] приводятся результаты исследований взаимодействия с почвой металлических и пневматических катков диаметром 460 мм и шириной 100 мм. Оптимальным расстоянием между пневматическими катками при работе на песчаных почвах является 135-145 мм. П.И. Титов [2006] считал оптимальными параметрами катка с гиб-

ким ободом диаметр 400-600 мм и ширину 100-150 мм. [Шавков, 2013] приводит сведения о применении лесопосадочных машин с диаметром катков 500-550 мм и шириной 80-170 мм при их расстоянии 100 мм на вырубках и 130-150 мм на лёгких почвах.

По оси OX действует сила сопротивления подачи F_x , по оси OY – сила бокового увода F_y , по оси OZ – выглубляющая сила F_z . Сложив три силы, получим результирующий вектор сопротивления движению F_{xyz} .

Во время полевых исследований сразу фиксировалась результирующая сила F_{xyz} . Таким образом, у каждой из осциллограмм были выбраны режимы установившейся работы, их показания были переведены из кг в Н (умножены на 9,81), приведены к нормированным показателям времени и представлены на рис. 8. Из рис. 8 видно, что пневматические катки (диаметром 400 мм) обладают в два раза меньшей амплитудой разброса силы F_{xyz} , а значит, способствуют более устойчивой работе.

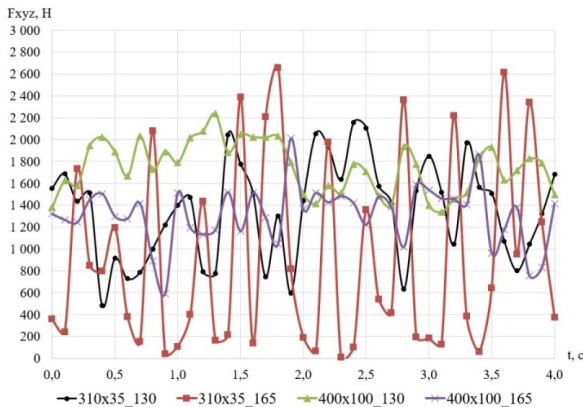


Рис. 8. Результирующая сила сопротивления F_{xyz} на полевых испытаниях

Fig. 8. Resultant drag force F_{xyz} on field tests

Определим описательные статистические характеристики проведенных опытов для F_{xyz} и сведем их в табл. 1.

На основании средних значений сил сопротивлений, полученных по результатам проведенной статистической обработки, построим их зависимость для двух типов катков и двух расстояний между ними (рис. 9).

Таблица 1

Описательные статистические характеристики F_{xyz}

Descriptive statistical characteristics of F_{xyz}

Параметр	Опыты			
	F_{xyz1}	F_{xyz2}	F_{xyz3}	F_{xyz4}
Асимметричность	-0,15	0,82	-0,03	-0,35
Уровень надежности (95,0%)	144,77	275,74	74,23	85,57
Дисперсия выборки	210380,72	763151,66	55306,45	73491,09
Экссесс	-0,91	-0,85	-1,04	1,23
Стандартное отклонение	458,67	873,59	235,17	271,09
Медиана	1441,02	414,79	1773,49	1381,62
Среднее	1356,33	895,69	1748,69	1316,08
Стандартная ошибка	71,63	136,43	36,73	42,34

F_1 – катки диаметром 310 мм, шириной 35 мм установлены на расстоянии 130 мм друг от друга; F_2 – катки диаметром 310 мм, шириной 35 мм установлены на расстоянии 160 мм друг от друга; F_3 – катки диаметром 400 мм, шириной 100 мм установлены на расстоянии 130 мм друг от друга; F_4 – катки диаметром 400 мм, шириной 100 мм установлены на расстоянии 165 мм друг от друга.

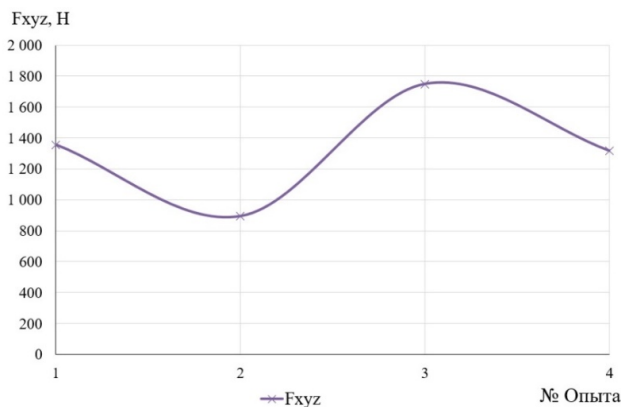


Рис. 9. Зависимость F_{xyz} для двух типов катков и двух расстояний между ними в полевых условиях

Fig. 9. Dependence of F_{xyz} for two types of rollers and two distances between them in field conditions

Из рис. 9 видно, что сопротивление лесопосадочной машины при установке на нее прикатывающих катков 400×100 мм больше в 1,3 раза, чем при использовании катков 310×35 мм, причем при увеличении расстояния между прикатывающими катками от 130 до 165 мм сопротивление лесопосадочной машины с катками 400×100 мм уменьшается на 24,7%, а с катками 310×35 мм – на 34%.

Агротехнические показатели работы лесопосадочной машины представлены в табл. 2.

Таблица 2

Агротехнические показатели работы лесопосадочной машины при посадке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

Agrotechnical indicators of forest planting machine performance during planting of common pine trees (*Pinus sylvestris* L.)

№	Показатели	Прикатывающие катки	
		400×100 мм	310×35 мм
1	Скорость движения, км/ч	3-3,5	3-3,5
2	Шаг посадки семян, средний, см	95,6	97,4
	минимальный, см	92	90
	максимальный, см	100	106
3	Глубина хода рабочего органа, см	10-15	10-15
4	Глубина заделки корневой шейки, см	2-3	7-13
5	Угол наклона семян, средний, °	7,5	26,2
	вертикально и с наклоном до 30°	100 %	70%
	наклон свыше 30°	–	30 %
6	Усилие на выдергивание, кг	1,8-2,3	0,8-1,4

Из табл. 2 видно, что среднее значение угла наклона семян при применении прикатывающих катков 400×100 мм равно 7,5°, т.е. сеянец занимает почти вертикальное положение. При работе прикатывающих катков 310×35 мм среднее значение угла наклона семян равно 26,2°, что не соответствует нормативам. Глубина заделки корневой шейки (катки 400×100 мм) находится в пределах нормы, а у катков 310×35 мм принимает недопустимые значения, что приведет к гибели растения. Усилие выдергивания при проходе катков 400×100 мм в 1,8 раз больше, чем при работе катков 310×35 мм.

Выводы

Были получены зависимости тягового сопротивления лесопосадочной машины от расстояния между прикатывающими катками 130-165 мм для двух разных катков, 400×100 мм и 310×35 мм.

Расстояние между катками и смена типа катков оказывают следующее влияние на силу $F_{\text{хыз}}$. При изменении расстояния между катками диаметром 310×35 мм с 130 до 165 мм сила снижалась с 1356 Н до 895 Н (на 34%). У прикатывающих катков 400×100 мм сила снижалась с 1748 Н до 1316 Н (24,7%). При одинаковом расстоянии в 130 мм разница между силами для катков составила 28%. При расстоянии 165 мм разница между силами для катков составила 47%.

Катки 400×100 мм показали лучшие результаты при работе на легких почвах. Средний угол наклона семян при посадке равен 7,5°, глубина заделки корневой шейки – 2-3 см, усилие выдергивания – 1,8-2,3 кг. Все показатели лежат в пределах оптимальных значений.

У катков 310×35 мм средний угол наклона семян при посадке равен 26,2°, глубина заделки корневой шейки – 7-13 см, усилие выдергивания – 0,8-1,4 кг, что не соответствует агротехническим требованиям.

Полученные экспериментальные данные будут способствовать созданию новых видов конструкций лесопосадочных машин, которые позволят в дальнейшем повысить качество посадки семян и увеличить приживаемость посадочного материала.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10010.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бартенев И.М. Лесопосадочные машины. Теория. Исследование. Конструкция: монография. Воронеж: ВГЛТУ, 2015. 219 с.

Бубнов С.С., Малюков 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.

Драпалюк М.В., Стасюк В.В., Зеликов В.А. Новые конструкции универсальных лесопосадочных машин для посадки семян с открытой и закрытой корневой системой // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, №4(44). С. 112-123. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10.

Жданов Ю.М. Исследование и обоснование технологии заделки корневой системы семян и параметров заделывающих элементов лесопосадочных машин: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 1969. 196 с.

Малюков С.В., Лысыч М.Н., Поздняков Е.В., Бухтояров Л.Д., Шавков М.В., Петков А.Ф., Болгов А.В. Патент № 2810526 РФ, МПК А01С 11/02. Лесопосадочная машина / заявитель и патентообладатель Воронежский государственный

лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. Заявл. 06.05.2023; опубли. 27.12.2023. Бюл. №36.

Титов П.И. Совершенствование технологического процесса и конструкции лесопосадочной машины для питомников: дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2006. 151 с.

Черник К.Н., Лозовой В.А. Анализ производительности машин дискретного действия, применяемых для механизированной посадки семян с закрытой корневой системой // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 1. С. 136-144. DOI: 10.28983/asj.y2024i1pp136-144.

Шабанов М.Л. Обоснование параметров сошника и рациональной компоновки рабочих органов лесопосадочной машины: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2002. 152 с.

Шавков М.В. Обоснование параметров комбинированного сошника лесопосадочной машины: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2013. 212 с.

Ghaffariyan M.R. A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting // *Silva Balcanica*. 2021. №22(2). P. 25-32. DOI: 10.3897/silvabalcanica.22.e64233.

References

Bartenev I.M. Forestry machines. Theory. Study. Designs: monograph. Voronezh: VGLTU, 2015. 219 p. (In Russ.)

Bubnov S.S., Malyukov S.V., Aksenov A.A. Overview of designs of tree-planting machine for open areas and cleared felling. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2020, vol. 8, no. 1(48), pp. 29-34. DOI: 10.34220/2308-8877-2020-8-1-29-34. (In Russ.)

Chernik K.N., Lozovoy V.A. Analysis of the productivity of discrete action machines used for mechanized planting of seedlings. *Agrarian scientific journal*, 2024, no. 1, pp. 136-144. DOI: 10.28983/asj.y2024i1pp136-144. (In Russ.)

Drapalyuk M.V., Stasyuk V.V., Zelikov V.A. New designs of universal planting machines for planting seedlings with open and closed root systems. *Forestry engineering journal*, 2021, vol. 11, no. 4(44), pp. 112-123. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10. (In Russ.)

Ghaffariyan M.R. A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting. *Silva Balcanica*, 2021, no. 22(2), pp. 25-32. DOI: 10.3897/silvabalcanica.22.e64233.

Malyukov S.V., Lysych M.N., Pozdnyakov E.V., Bukhtoyarov L.D., Shavkov M.V., Petkov A.F., Bolgov A.V. Patent No. 2810526 Russian Federation, IPC A01C 11/02 2023. Forest planting machine / applicant and patent holder Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov. Appl. 06/05/2023; publ. 27/12/2023. Bull. no. 36. (In Russ.)

Shabanov M.L. Substantiation of the coulter parameters and the rational layout of the working bodies of the forest planter. Diss. ... Cand. Tech. Sci. Voronezh, 2002. 152 p. (In Russ.)

Shavkov M.V. Substantiation of the parameters of the combined coulter of a forest planter. Diss. ... Cand. Tech. Sci. Voronezh, 2013. 212 p. (In Russ.)

Titov P.I. Improving the technological process and design of a tree planting machine for nurseries. Diss. ... Cand. Tech. Sci. Voronezh, 2006. 151 p. (In Russ.)

Zhdanov Yu.M. Research and substantiation of the technology of embedding the root system of seedlings and the parameters of the embedding elements of forest planting machines. Diss. ... Cand. Tech. Sci. Volgograd, 1969. 196 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 20.03.2025

Малюков С.В., Шавков М.В., Бухтояров Л.Д., Лысыч М.Н., Петков А.Ф., Попов М.А., Черенков Д.С., Болгов А.В. Определение тягового сопротивления лесопосадочной машины и качества посадки семян в полевых условиях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 509–523. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.509-523

Создание искусственных насаждений древесных и кустарниковых пород производится путем посева и посадки. Наиболее надежным и распространенным методом, вследствие лучшего роста и развития семян и меньшей потребности ухода за ними, является посадка. Посадка леса в настоящее время производится на больших площадях. В данной работе представлены результаты полевых исследований по определению тягового сопротивления лесопосадочной машины и качества посадки семян в зависимости от расстояния между прикатывающими катками 130-165 мм для двух разных катков, 400×100 мм и 310×35 мм. При проведении эксперимента использовался метод тензометрирования. Тензометрическое оборудование состояло из многоканальной тензометрической станции со встроенным генератором для питания датчика. Тензометрическая станция ZET 058 позволила произвести сбор данных с S-образного тензодатчика, который был установлен на тензометрической навеске. Тензометрическое оборудование позволило определить, что сопротивление лесопосадочной машины при установке на нее прикатывающих катков 400×100 мм больше в 1,3 раза, чем при использовании катков 310×35 мм, причем при увеличении расстояния между прикатывающими катками от 130 до 165 мм сопротивление лесопосадочной машины с катками 400×100 мм уменьшается на 24,7%, а с катками 310×35 мм – на 34%. Катки 400×100 мм показали лучшие результаты при работе на легких почвах. Средний угол наклона семян при посадке равен 7,5°, глубина заделки корневой шейки – 2-3 см, усилие выдергивания – 1,8-2,3 кг. Все показатели лежат в пределах оптимального значения. Полученные экспериментальные данные будут способствовать созданию новых видов конструкций лесопосадочных машин, которые позволят в дальнейшем повысить качество посадки семян и увеличить приживаемость посадочного материала.

Ключевые слова: лесопосадочная машина, тензометрическое оборудование, семена хвойных пород, прикатывающие катки.

Malyukov S.V., Shavkov M.V., Bukhtoyarov L.D., Lysych M.N., Petkov A.F., Popov M.A., Cherenkov D.S., Bolgov A.V. Determination of traction resistance of forest planting machine and quality of seedling planting under field conditions. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 509–523 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.509-523

The establishment of artificial plantations of tree and shrub species is done by sowing and planting. The most reliable and widespread method, due to better growth and development of seedlings and less need for maintenance, is planting. Forest planting is currently being done on large areas. This paper presents the results of a field study to determine the traction resistance of a forest planting machine and the quality of planting of seedlings depending on the distance between the rollers 130-165 mm for two different rollers, 400×100 mm and 310×35 mm. The strain gauge method was used in the experiment. The strain gauge equipment consisted of a multi-channel strain gauge station with a built-in generator to power the sensor. The ZET 058 strain gauge station allowed data collection from an S-shaped strain gauge that was mounted on the strain gauge linkage. Tensometric equipment allowed to determine that the resistance of the forest planting machine when installing 400×100 mm packer rollers is 1.3 times greater than when using 310×35 mm rollers. Moreover, when increasing the distance between the rollers from 130 to 165 mm, the resistance of the forest planting machine with 400×100 mm rollers decreases by 24.7%, and with 310×35 mm rollers decreases by 34%. The 400×100 mm rollers showed the best results on light soils. The average angle of inclination of seedlings during planting is 7.5°, the depth of root neck embedding is 2-3 cm, and the pulling force is 1.8-2.3 kg. All indicators lie within the optimal value. The obtained experimental data will contribute to the creation of new types of forest planting machine designs, which will further improve the quality of planting seedlings and increase the survival rate of planting material.

Key words: forest planting machine, strain gauge equipment, conifer seed

МАЛЮКОВ Сергей Владимирович – доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, кандидат технических наук. ORCID: 0000-0003-2098-154X. SPIN-код: 9520-4147. WoS ResearcherID: N-2656-2016. Scopus AuthorID: 57202542928

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: malyukovsergey@yandex.ru

MALYUKOV Sergey V. – PhD (Technical), Associate Professor, Department of Forestry Mechanization and Machine Design of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0000-0003-2098-154X. SPIN-code: 9520-4147. WoS ResearcherID: N-2656-2016. Scopus AuthorID: 57202542928

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: malyukovsergey@yandex.ru

ШАВКОВ Михаил Викторович – специалист отдела снабжения ООО «Русгидроком (РГК)», кандидат технических наук. ORCID: 0000-0003-3700-7508. SPIN-код: 1307-0358.

394040, ул. Мазлумова, д. 25, г. Воронеж, Россия. E-mail: shavkovmv@mail.ru

SHAVKOV Mikhail V. – PhD (Technical), procurement specialist, Rushydrocom (RGK) LLC. ORCID: 0000-0003-3700-7508, SPIN-code: 1307-0358.

394040. Mazlumova str. 25. Voronezh. Russia. E-mail: shavkovmv@mail.ru

БУХТОЯРОВ Леонид Дмитриевич – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, кандидат технических наук. ORCID: 0000-0002-7428-0821. SPIN-код: 9081-6485. WoS ResearcherID: AAO-5129-2020. Scopus AuthorID: 57207453672.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: vglta-mlx@yandex.ru

BUKHTOYAROV Leonid D. – PhD (Technical), Associate Professor, Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0000-0002-7428-0821. SPIN-code: 9081-6485. WoS ResearcherID: AAO-5129-2020. Scopus AuthorID: 57207453672.

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: vglta-mlx@yandex.ru

ЛЫСЫЧ Михаил Николаевич – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, кандидат технических наук. ORCID: 0000-0002-3764-3873. SPIN-код: 3555-2111. WoS ResearcherID: N-3089-2016. Scopus AuthorID: 57207472657.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: miklynea@yandex.ru

LYSYCH Mikhail N. – PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0000-0002-3764-3873. SPIN-code: 3555-2111. WoS ResearcherID: N-3089-2016. Scopus AuthorID: 57207472657.

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: miklynea@yandex.ru

ПЕТКОВ Александр Федорович – инженер кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, кандидат технических наук. ORCID: 0000-0002-1765-6781. SPIN-код: 9778-7114. Scopus AuthorID: 57219482677.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: alexanderpetkoff@mail.ru

PETKOV Aleksandr F. – PhD (Technical), Engineer of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0000-0002-1765-6781. SPIN-code: 9778-7114. Scopus AuthorID: 57219482677.

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: alexanderpetkoff@mail.ru.

ПОПОВ Максим Александрович – преподаватель кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова. ORCID: 0009-0002-6356-5028. SPIN-код: 9081-4128

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: popovmaxim98@mail.ru

ПОПОВ Maksim A. – Lecturer of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0009-0002-6356-5028. SPIN-code: 9081-4128

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: popovmaxim98@mail.ru

ЧЕРЕНКОВ Дмитрий Сергеевич – аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова. ORCID: 0009-0000-1257-6902. SPIN-код: 3087-3700.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: chierienkov1999@mail.ru

CHERENKOV Dmitry S. – PhD student of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design of Voronezh State University of Forestry and Technologies. ORCID: 0009-0000-1257-6902. SPIN-code: 3087-3700.

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: chierienkov1999@mail.ru

БОЛГОВ Андрей Вячеславович – магистрант группы ТМ4-241-ОМ Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова». SPIN-код: 7131-6576.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: bolgovtacher@gmail.com.

BOLGOV Andrey V. – Master's student of group ТМ4-241-ОМ of Voronezh State University of Forestry and Technologies. SPIN-code: 7131-6576.

394087. Timiryazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: bolgovtacher@gmail.com