

## Орудие для подрезки и выкопки сеянцев в питомниках

С.Н. Орловский<sup>1а</sup>, В.А. Соколова<sup>2б</sup>, С.А. Войнаш<sup>3с</sup>, М.В. Тарабан<sup>4д</sup>, В.В. Тарабан<sup>5е</sup>,  
М.Р. Мирзоева<sup>4ф</sup>, Г.К. Парфенопуло<sup>4г</sup>, А.А. Ореховская<sup>6h</sup>

<sup>1</sup> Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Казанский федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, Республика Татарстан

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Васильевский остров, 21-я линия, 2, Санкт-Петербург, Россия

<sup>6</sup> Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская обл., Россия

<sup>а</sup> orlovskiysergey@mail.ru, <sup>б</sup> sokolova\_vika@inbox.ru, <sup>с</sup> sergey\_voi@mail.ru, <sup>д</sup> arcan65@mail.ru,

<sup>е</sup> tarabanvolodimir@yandex.ru, <sup>ф</sup> mariam.mirzoeval6@yandex.ru, <sup>г</sup> parfenon73@mail.ru, <sup>h</sup> orehovskaja\_aa@bsaa.edu.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8904-834X>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>, <sup>с</sup> <http://orcid.org/0000-0001-5239-9883>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3410-9250>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2571-4486>, <sup>ф</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0676-9473>,

<sup>г</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3701-9536>, <sup>h</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8149-7191>

Статья поступила 08.05.2023, принята 23.05.2023

*Преобладающим способом искусственного лесовосстановления является посадка лесных культур стандартным посадочным материалом. Одним из реальных путей повышения качества искусственного лесовосстановления является применение укрупненного посадочного материала с мочковатой компактной корневой системой, создаваемой методом подрезки сеянцев в посевах. Корнеподрезчики с пассивными рабочими органами, разработанные в России, не обеспечивают качественное проведение подрезки, что сдерживает ее широкое применение в лесном хозяйстве. Цель работы — создание нового орудия для подрезки корней и выкопки сеянцев в лесных питомниках на базе самоходного шасси ВТЗ-30 СШ. Поиск по теме включил сбор данных по конструкциям орудий для подрезания корней и выкопки сеянцев. Улучшение качества посадочного материала повышает его приживаемость и снижает затраты на выращивание в 1,5–2 раза. Возможно применение орудия для выкопки сеянцев взамен навесной выкопочно-скобы НВС-1,2.*

**Ключевые слова:** посадка; питомник; корневая система; подрезка; выкопка.

## Tool for pruning and digging seedlings in nurseries

S.N. Orlovsky<sup>1а</sup>, V.A. Sokolova<sup>2б</sup>, S.A. Voinash<sup>3с</sup>, M.V. Taraban<sup>4д</sup>, V.V. Taraban<sup>5е</sup>,  
M.R. Mirzoeva<sup>4ф</sup>, G.K. Parfenopulo<sup>4г</sup>, A.A. Orekhovskaya<sup>6h</sup>

<sup>1</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University; 90, Mira Pros., Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 4, Ivan Chernykh St., St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Kazan Federal University; 18, Kremlevskaya St., Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>4</sup> St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

<sup>5</sup> St. Petersburg Mining University; 2, Vasilevsky Ostrov, St. Petersburg, Russia

<sup>6</sup> Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin; Maisky village, Belgorod region, Russia <sup>а</sup>

<sup>а</sup> orlovskiysergey@mail.ru, <sup>б</sup> sokolova\_vika@inbox.ru, <sup>с</sup> sergey\_voi@mail.ru, <sup>д</sup> arcan65@mail.ru,

<sup>е</sup> tarabanvolodimir@yandex.ru, <sup>ф</sup> mariam.mirzoeval6@yandex.ru, <sup>г</sup> parfenon73@mail.ru, <sup>h</sup> orehovskaja\_aa@bsaa.edu.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8904-834X>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>, <sup>с</sup> <http://orcid.org/0000-0001-5239-9883>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3410-9250>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2571-4486>, <sup>ф</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0676-9473>,

<sup>г</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3701-9536>, <sup>h</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8149-7191>

Received 08.05.2023, accepted 23.05.2023

*The predominant method of artificial reforestation is the planting of forest crops with standard planting material. One of the real ways to improve the quality of artificial reforestation is the use of enlarged planting material with a fibrous compact root system created by pruning seedlings in crops. Root trimmers with passive working bodies, developed in Russia, do not provide high-quality pruning, which hinders its widespread use in forestry. The purpose of the work is to create a new tool for cutting roots and digging up seedlings in forest nurseries with the help of VTZ-30 SSH self-propelled chassis. The search on the topic includes the collection of data on the designs of tools for cutting roots and digging up seedlings. Improving the quality of planting material in-*

creases its survival rate and reduces the cost of growing by 1.5 - 2 times. It is possible to use a tool for digging seedlings instead of a hinged digging bracket HBC - 1.2.

**Keywords:** planting; nursery; root system pruning; digging.

**Введение.** Для посадки лесных полос требуется выращивать сеянцы на грядках в лесных питомниках. Преобладающим способом является посадка лесных культур стандартным посадочным материалом. Значительная часть таких культур списывается. Основная причина — низкое качество посадочного материала из-за несоблюдения технологий выращивания и выкопки, несовершенство выкопочных орудий. Одним из реальных путей повышения качества искусственного лесовосстановления является применение укрупненного посадочного материала с мочковатой компактной корневой системой, создаваемой метолом подрезки сеянцев на грядках в посевах. За рубежом подрезка является обязательным технологическим приемом при выращивании посадочного материала и осуществляется, как правило, машинами и орудиями с вибрационными рабочими органами. Корнеподрезчики с пассивными рабочими органами, разработанные в России, не обеспечивают качественное проведение подрезки, что сдерживает ее широкое применение в лесном хозяйстве.

*Цель работы* — создание нового орудия для выкопки сеянцев в лесных питомниках и подрезки корней на базе самоходного шасси ВТЗ-30 СШ. Технологические операции подрезки и выкопки сеянцев в нашей стране и за рубежом выполняются отдельными, специально предназначенными для этого машинами и механизмами.

Корнеподрезчик навешивается на самоходное шасси ВТЗ-30 СШ [1–5]. Подрезка боковых корней осуществляется черенковыми ножами. Для подрезки стержневых корней применяется натянутая горизонтальная стальная лента толщиной 2,5 мм. Применение активных рабочих органов позволяет добиваться высокого качества посадочного материала и не допускать его гибели после подрезки. Приживаемость сеянцев сосны 3-х, 4-х и 5-ти лет со сформированной корневой системой составила 90–100, 70–90 и 65–85 %, в контроле же (с неподрезанными корнями) соответственно около 50, 40 и 30 % [6–8]. После подрезки корни разрастаются в стороны.

В этой связи проведение исследований по созданию комбинированного орудия со сменными рабочими органами для вибрационной подрезки и выкопки сеянцев в лесных питомниках, разработка технологии выращивания укрупненного посадочного материала с мочковатой компактной корневой системой является актуальной задачей. Улучшение качества посадочного материала повышает его приживаемость и снижает затраты на выращивание в 1,5–2 раза.

**Объекты и методы исследования.** При создании корнеподрезчика авторами были экспериментально определены следующие конструктивные и геометрические параметры его рабочих органов:

- угол заточки лезвия горизонтального ножа;
- частота вибрации его подвижной части;
- амплитуда колебаний подвижной части горизонтального ножа;
- угол установки ножа.

Оптимальные режимы вибрации подвижной части горизонтального ножа устанавливались на опытной установке замером скорости вращения эксцентрикового вала часовым тахометром СК. Радиус эксцентриситета вибратора принимался 6 и 12,5 мм, при опытах менялись направление вибрации, ее амплитуда и частота [1].

Одновременно плотномером с самопишущим устройством определялась твердость почвы до и после прохода опытной установки в одном и том же месте посевной гряды, и брались навески для определения влажности почвы.

При частоте 9,5 Гц и амплитуде 15 мм рыхление начинается с поверхности и ниже хода ножа. Выкапывать сеянцы лучше при интенсивном рыхлении. В этом случае земли на их корнях остается совсем мало, и отряхивание, ведущее к обрыву корешков, не требуется [9–11; 19; 20; 22].

При поперечных колебаниях ножа контакт режущей кромки с почвой и корнями сеянцев остается постоянным и характеризуется непрерывным скольжением кромки относительно почвы и корней. В результате будет иметь место резание корней со скольжением.

Условие, при котором возможно резание корней со скольжением прямопоставленным горизонтальным подрезающим ножом, совершающим принудительные поперечные колебания с заданной частотой и амплитудой, может быть записано в следующем виде:

$$V < 2A \cdot t, \quad (1)$$

где  $V$  — рабочая скорость движения агрегата при выполнении подрезки корней сеянцев;  $A$  — амплитуда принудительных колебаний;  $t$  — частота колебаний.

Амплитуда колебаний ножа на заднем ребре подвижной части его в процессе опытов при расположении вала вибратора в продольно-вертикальной плоскости орудия составила 15 мм [1].

Наибольшая степень рыхления корнеобитаемого слоя почвы наблюдается при частоте вращения эксцентрикового вала вибратора 250 мин<sup>-1</sup>, т. е. при частоте колебаний подвижной части горизонтального ножа 4 Гц. Но при этом наблюдается частичное разрушение (разрыв) подрезанного слоя, что нежелательно при формировании корневых систем посадочного материала методом подрезки, так как при этом происходит обрыв мелких корней сеянцев.

Лучшие результаты наблюдаются при частоте 8–9 Гц, т. е. при частоте вращения эксцентрикового вала вибратора 350–450 мин<sup>-1</sup>. Подрезанный корнеобитаемый слой получается без разрывов, в достаточной степени разрыхленный [1].

Диаграммы изменения плотности почвы в зависимости от режима вибрации ( $n$  — частота вращения эксцентрикового вала, мин<sup>-1</sup>;  $A$  — амплитуда колебаний подвижной части горизонтального ножа, мм, представлены на рис. 1 [1].

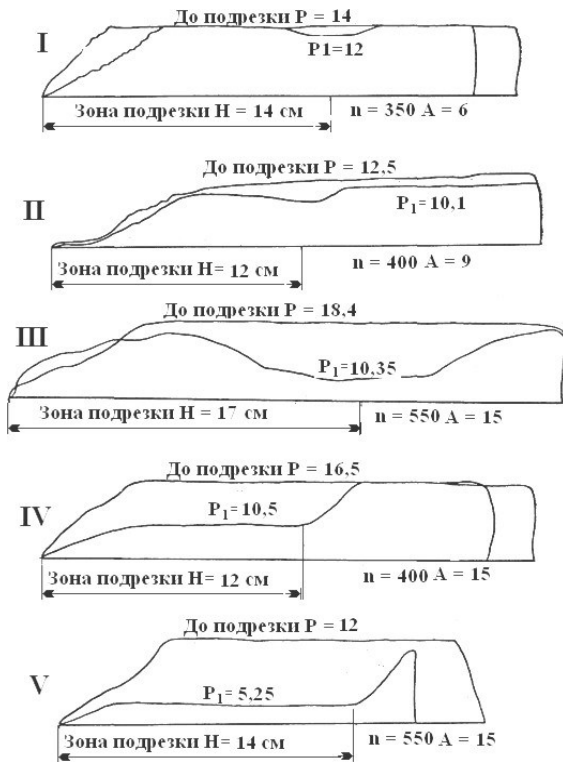


Рис. 1. Диаграммы изменения плотности почвы  $P, \text{кг/см}^2$ , в зависимости от режима вибрации ( $P$  — до подрезки;  $P_1$  — после подрезки)

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что на суглинистых и тяжело суглинистых почвах степень рыхления и величина разрыхленной зоны в равной степени зависят от режима вибрации и влажности почвы. В процессе опытов в лесном питомнике Мининского опытно-механизированного лесхоза ВНИИМлесхоза были получены виброграммы различных режимов вибрации по величине амплитуды и частоте и соответствующие им диаграммы плотности на сухих (влажность 14–15 %) и увлажненных (влажность 27–30 %) суглинистых почвах, представленные на рис. 2.

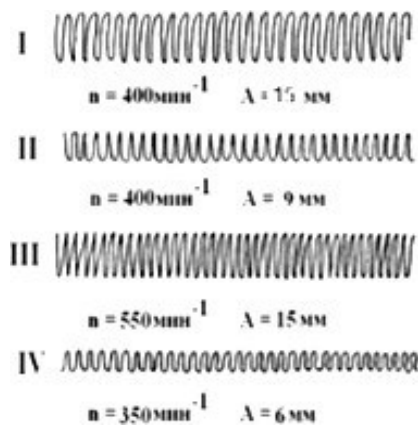


Рис. 2. Виброграммы режимов вибрации подвижной части горизонтального ножа ( $n$  — частота вращения эксцентрикового вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $A$  — амплитуда колебаний подвижной части горизонтального ножа,  $\text{мм}$ )

Диаграммы I, II, III (рис. 1) на сухой почве соответствуют виброграммам IV, II, III (рис. 2). Сопоставляя

эти диаграммы и виброграммы, можно отметить, что при частоте 6,5 Гц и амплитуде 6 мм (рис. 1 – I и рис. 2 – IV) уменьшение плотности почвы незначительно, и рыхлится она только на 2 см выше и ниже хода ножа.

При частоте 6,5 Гц и амплитуде 9 мм (рис. 1 – II и рис. 2 – III) твердость почвы падает незначительно до глубины 6 см, наибольшее рыхление наблюдается в зоне прохода горизонтального и вертикального виброножей. При частоте 9 Гц и амплитуде 15 мм (рис. 1 – IV, V и рис. 2 – I, III) происходит незначительное рыхление верхней корки и более сильное — в корнеобитаемой зоне, но при этом режиме в сухой почве, как уже отмечалось, отрываются корни. Аналогичные исследования были проведены на тех же площадях после дождей, т. е. при увлажненной почве (влажность на глубине 12–14 см — 27–30 %) [1].

Как видно на графиках, при частоте 9,5 Гц и амплитуде 15 мм рыхление начинается с поверхности и ниже хода ножа. Плотность возрастает быстрее, чем в сухой почве. При спокойном рыхлении отпада сеянцев не наблюдается.

Выкапывать сеянцы лучше при интенсивном рыхлении. В этом случае земли на их корнях остается совсем мало, и дальнейшее отряхивание, часто ведущее к обрыву мелких корешков, почти не требуется.

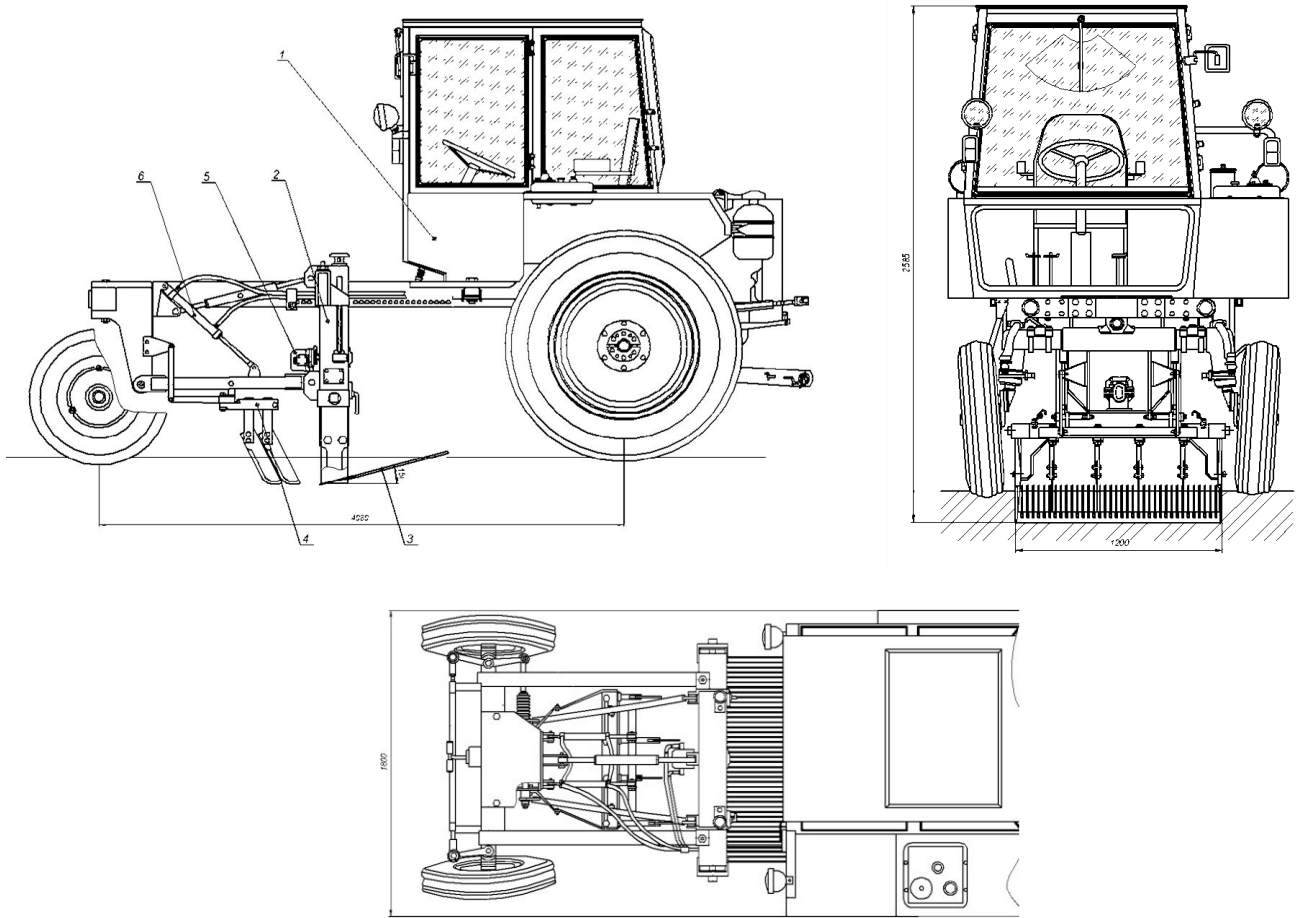
Одновременно исследовалось влияние угла установки горизонтального ножа на качество подрезки. Качество оценивалось по внешнему виду среза и по состоянию подрезанного корнеобитаемого слоя. Исследовали четыре варианта установки ножа под углами 0°, 50°, 100° и 20°. При угле 0°, т. е. при строго горизонтальном положении, неравномерность хода ножа по глубине составила 60 % от длины гона, при 50° — 4,5 %, а при 100° и 200° отклонение от заданной глубины не превышало 3 см и составило 3–4 %, однако при этом происходило полное разрыхление корнеобитаемого слоя почвы [1].

Таким образом, оптимальным для подрезки корней является угол от 0,5 до 5°. Если нужно сильно разрыхлить корнеобитаемый слой почвы (например, при выкопке), горизонтальный нож следует установить под углом 10–15°. Такие большие пределы изменений объясняются тем, что, в зависимости от влажности и механического состава почвы, реакция ее на рыхлящее действие ножа различна [1].

Базой для корнеподрезчика может быть только самоходное шасси ВТЗ-30 СШ. Скорость его движения регламентирована передаточным рядом КПП и составляет 0,4 м/с [12; 13; 21].

В данной работе разрабатывается орудие для подрезки корней сеянцев в питомниках и выкопки посадочного материала, т. е. проектное орудие заменяет корнеподрезчик КН-1,2 и выкопочною скобу НВС-1,2 на тракторе Т-40 А или ДТ-75. Снижение тягового сопротивления достигается вибрацией рабочего органа. Применение орудия снижает себестоимость работ и их трудоемкость за счет универсальности и изменения технологии работ.

Орудие состоит из кронштейна крепления рычагов, гидроцилиндра, подъемных рычагов, рамки с ножами, вибратора. Орудие присоединяется к раме самоходного шасси (рис. 3).



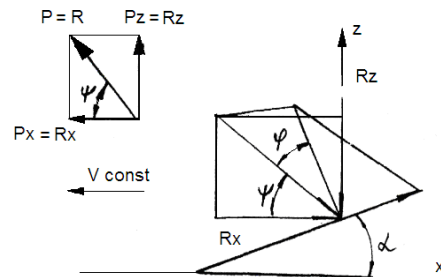
**Рис. 3.** Чертеж корнеподрезчика на базе ВТЗ-30 СШ: 1 — самоходное шасси ВТЗ-30 СШ; 2 — рамка ножа; 3 — подрезающий нож; 4 — черенковые ножи; 5 — вибратор; 6 — гидроцилиндр подъема

Техническая характеристика орудия представлена в таблице.

Техническая характеристика проектируемого орудия

Техническая характеристика орудия	Параметры
Тип орудия	Навесное
Базовый трактор	ВТЗ-30 СШ
Ширина захвата рабочего органа, м	1,2
Угол установки выкопчного ножа, град.	10–15°
Глубина резания, м	0,15
Частота вибрации, Гц	6–9
Привод вибратора	Гидравлический
Габаритные размеры корнеподрезчика, мм, длина-высота- ширина	3950x2700x850
Масса корнеподрезчика, кг	не более 300
Производительность за час чистой работы, км	1,5
Обслуживающий персонал, человек	1 тракторист

**Результаты исследования и их обсуждение.** Определение тягового сопротивления горизонтального ножа скобы производится по выражению [14]. На рис. 4 изображена схема сил, действующих на нож скобы.



**Рис. 4.** Схема сил, действующих на горизонтальный нож скобы

При деформации ножом почва (грунт) оказывают сопротивление в виде нормальной силы  $N$  и силы трения  $N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ . Исходя из условия равновесия сил, определим  $R_x$  и  $R_z$  по формулам, проектируя их на оси координат [14–16; 22; 23].

$$P_x = N \cdot \sin \alpha + N \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi), \quad (2)$$

$$P_z = N \cdot \cos \alpha - N \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \cos(\alpha + \varphi), \quad (3)$$

где  $N = G = a \cdot b \cdot l \cdot p \cdot g$  — нормальная сила поднимаемого пласта и действующая на рабочую поверхность

ножа,  $H$ ;  $a$ ,  $b$  и  $l$  — толщина, ширина и длина рабочей поверхности ножа,  $m$ ;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;  $\alpha = 6^\circ$  — угол резания;  $\varphi = 27^\circ$  — угол трения при коэффициенте трения почвы по стали  $f = 0,5$  почва — суглинок [2]:

$$P_x = \frac{a \cdot b \cdot l \cdot p \cdot g}{\cos \phi} \cdot \sin(\alpha + \phi) = \frac{0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,14 \cdot 1700 \cdot 9,8}{\cos 27^\circ} \cdot \sin(6^\circ + 27^\circ) = \frac{513}{0,89} = 576,4 \text{ Н}$$

$$P_z = \frac{a \cdot b \cdot l \cdot p \cdot g}{\cos \phi} \cdot \cos(\alpha + \phi) = \frac{0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,14 \cdot 1700 \cdot 9,8}{\cos 27^\circ} \cdot \cos(6^\circ + 27^\circ) = \frac{513}{0,89} \cdot 0,84 = 484 \text{ Н}$$

Сила тяги ножа определится по выражению:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{316^2 + 484^2} = 576,4 \text{ Н}$$

Общее тяговое сопротивление  $F_{\text{чи}}$  черенкового ножа,  $\text{кН}$ , в горизонтальной плоскости без учета сопротивления от налипания почвы для минеральных суглинистых грунтов определяется по выражению [8; 24 25]:

$$F_{\text{чи}} = 10^{-2} \cdot C_{\text{уд}}^{1,35} \cdot h \cdot (1 + 0,1 \delta_n) \cdot \left(1 - \frac{90^\circ - \varphi_n}{180^\circ}\right) \cdot k_y, \quad (4)$$

где  $C_{\text{уд}}$  — показатель динамического плотномер ДОР-НИИ,  $C_{\text{уд}} = 2$ ;  $h$  — глубина резания,  $m$ ,  $h = 0,20$ ;  $\delta_n$  — толщина ножа,  $m$ ,  $\delta_n = 0,0025$ ;  $\varphi_n$  — угол резания (угол наклона лезвия к горизонтальной плоскости),  $\varphi_n = 120^\circ$ ;  $k_y$  — коэффициент, зависящий от угла заострения ножа,  $k_y = 0,74$ .

Подставляя численные значения в формулу (4), получим [3]:

$$F_{\text{чи}} = 10^{-2} \cdot 2 \cdot 20^{1,35} \cdot (1 + 0,1 \cdot 0,0025) \cdot \left(1 - \frac{90 - 120}{180}\right) \cdot 0,74 = 0,045 \text{ кН}$$

Для четырех ножей  $F_{\text{чи}} = F_{\text{чи}} \cdot 4 = 0,045 \cdot 4 = 0,180 \text{ кН}$ , или  $180 \text{ Н}$ .

Общее тяговое сопротивление стойки ножа  $F_{\text{шо}}$ ,  $H$ , для минеральных грунтов определяется как сумма усилий от резания почвы лезвием, установленным под обратным углом вхождения в почву и ее раздвигания отвалом  $F_{\Sigma} = F_{\text{рез}} + F_{\text{раздв}}$ . Подставляя значения в формулу (4), получим для стойки ножа:

$$F_{\text{шо}} = 10^{-2} \cdot 2 \cdot 0,20^{1,35} \cdot (1 + 0,1 \cdot 0,036) \cdot \left(1 - \frac{90 - 70}{180}\right) \cdot 0,74 = 0,34 \text{ кН}$$

или  $340 \text{ Н}$ .

Усилие раздвигания почвы отвалами  $F_{\text{раздв}}$  определяется по выражению [8]:

$$F_{\text{раздв}} = a_g \cdot C_{\text{уд}} \cdot k_\gamma \cdot B^n \cdot k_\eta \cdot 10^{-2}, \quad (5)$$

где  $a_g$  и  $n_g$  — коэффициенты, зависящие от типа отвала, угла его наклона:

$$a_g = 1,05, n_g = 2,53,$$

где  $k_\gamma$  — коэффициент, учитывающий увеличение горизонтальной составляющей сопротивления раздвиганию почвы в зависимости от угла установки отвала к вертикальной плоскости;  $k_\eta$  — коэффициент, учитывающий трение грунта о параллельные движению части отвала.

Подставив численные значения в формулу (5), получим:

$$F_{\text{раздв}} = 1,05 \cdot 2 \cdot 1,08 \cdot 11^{2,53} \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 0,51 \text{ кН};$$

$$F_{\text{шо}} = 0,34 + 0,51 = 0,85 \text{ кН}.$$

Суммарное тяговое сопротивление рабочего оборудования,  $H$ , составит [17; 18]:

$$576,4 + 45 \cdot 4 + 340 \cdot 2 + 510 \cdot 2 = 2456,4 \text{ Н, или } 2,45 \text{ кН}.$$

Тяговое усилие самоходного шасси составляет  $6 \text{ кН}$ , т. е. коэффициент загрузки  $2,45 / 6 = 0,41$ , поэтому расчет тягового баланса не производится.

Как указывалось выше, при формировании корневых систем сеянцев старшего возраста (свыше 3-х лет) методом подрезки возникла необходимость вертикальной, междурядной подрезки. Лучшие результаты по вертикальной подрезке получены с применением дисковых ножей, но при работе на влажной почве параллельная постановка их часто дает заклинивание почвы между дисками. Поэтому принята установка черенковых ножей с тупым углом вхождения в почву для исключения их забивания неперерезанными раститель-

ными остатками, что подтвердилось экспериментальными исследованиями.

Опытные работы по изучению изменения структуры корневых систем сеянцев сосны под влиянием прижизненной подрезки (без выкопки), а также контрольные посадки укрупненного посадочного материала показали, что корневая система хвойных пород достаточно пластична и поддается формированию в мочковатую структуру, чем обеспечивается требуемая приживаемость при пересадке сеянцев старших возрастов (до 5–6 лет).

Орудие работает следующим образом:

- самоходное шасси устанавливается вдоль гряды;
- вертикальные подрезающие ножи настраиваются по числу рядков в соответствии со схемой посадки;
- включаются вибратор и замедленная передача;
- рабочий орган опускается в положение «плавающее» гидрораспределителя, и агрегат начинает движение, направляя вертикальные подрезающие ножи между рядками и наблюдая за качеством работы;
- после прохода грядки орудие переводится в транспортное положение, и вибратор выключается.

На выкопке сеянцев с орудия демонтируется подрезающий нож, устанавливается выкопчный нож под углом  $10\text{--}15^\circ$  к горизонтальной плоскости, и демонтируются вертикальные подрезающие ножи.

При этом поднятая ножом земля просыпается от вибрации через прутки, а сеянцы остаются на поверхности почвы [26].

Конструкции узлов и деталей корнеподрезчика представлены на рис. 5–8, общий вид агрегата — на рис. 9.

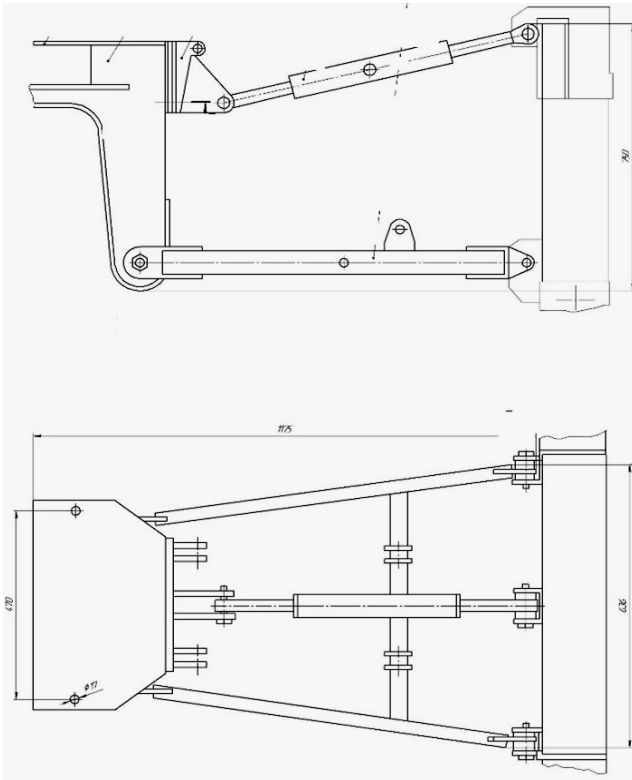


Рис. 5. Навеска крепления ножей на шасси

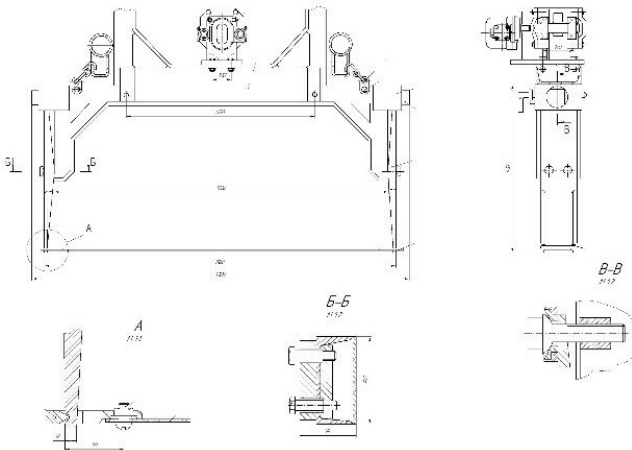


Рис. 6. Подрезающий нож с вибратором

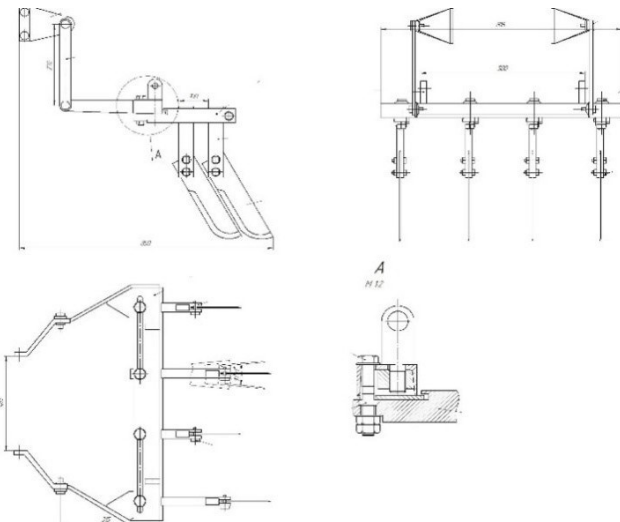


Рис. 7. Черенковые ножи

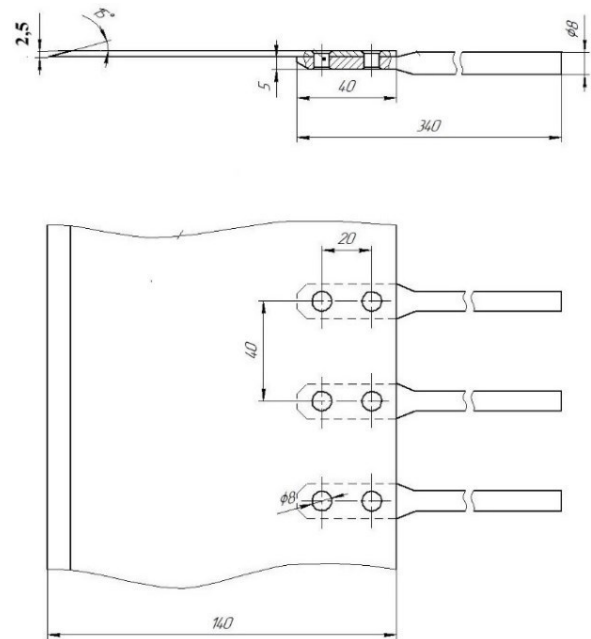


Рис. 8. Выкопчный нож

Применение орудия на шасси ВТЗ-30 СШ не оказывает негативного влияния на окружающую среду и позволяет обеспечить увеличение объемов посадки лесных полос за счет повышения качества посадочного материала.



Рис. 9. Общий вид агрегата

**Заключение.** Совершенствование и разработка современных технологий и технических средств многооперационного назначения для выращивания укрупненного посадочного материала методом подрезки сеянцев в период их вегетации в питомниках является одним из перспективных направлений. Эффективным способом подготовки сеянцев к посадке, способствующим обильному кущению и формированию компактной, хорошо сохраняющейся при выкопке корневой системы является подрезка активным рабочим органом стержневых и боковых корней сеянцев в период их выращивания в питомнике. В данном проекте разработано орудие с вибратором. Применение вибратора снижает тяговое сопротивление движению шасси, улучшает качество подрезки. При выкопке вибрация, растрясая землю с корней сеянцев, увеличивает производительность по их сбору.

Машина для подрезки корней сеянцев в питомнике по конструкции сходна с известными выкопчными

скобами, т. е. она может подрезать, рыхлить и поднимать корнеобитаемый слой почвы. Поэтому целесообразно создавать одну машину, способную производить

подрезку и выкопку. Проектируемое орудие позволяет производить подрезку и выкопку сеянцев с меньшими затратами.

#### Литература

1. Волков Р.С. Технология и механизация выращивания укрупнённого посадочного материала хвойных пород в питомниках Восточной Сибири // Современные машины и механизмы в лесном хозяйстве: сб. науч. тр. Красноярск: ВНИИМлесхоз, 1973. Вып. 1. С. 73-81.
2. Орловский С.Н. Проектирование машин и оборудования для садово-паркового и ландшафтного строительства. Красноярск: СибГТУ, 2004. 108 с.
3. Орловский С.Н. Проблемы экологии, энергосбережения и охраны окружающей среды при выполнении работ в АПК: моногр. Красноярск: КрасГАУ, 2021. 276 с.
4. Дудорев М.А., Москалева О.Н. Оптимальные нормы высева и ширина посевной строки в лесных питомниках // Лесное хозяйство. 1969. № 5. С. 12-18.
5. Ларюхин Г.А., Калининченко Н.П. Система лесохозяйственных машин. М: Агропромиздат, 1985. 264 с.
6. Зима И.М., Малюгин Т.Т. Механизация лесохозяйственных работ. М: Лесная пром-сть, 1976. 416 с.
7. Турбин Б.И., Дроздов В.Н. Снижение вибраций и шумов в сельскохозяйственных машинах. М.: Машиностроение, 1976. 224 с.
8. Орловский С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов: моногр. Красноярск: КрасГАУ, 2011. 376 с.
9. Орловский С.Н., Комиссаров С.В., Карнаухов А.И. Расчет энергоемкости резания лесных почв с подстилкой торцовыми фрезами и затрат мощности на резание и выполнение технологического процесса (Fresan): свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2007610363; заявка № 2006613951. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.01.2007.
10. ГОСТ 12.1.012-01 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. Введ. 30.06.1991. М.: Стандартинформ, 2006. 30 с.
11. Опейко Ф.А. Торфяные машины. Минск: Вышэйшая шк., 1968. 408 с.
12. Драпалюк М.В., Батищев С.Н. Результаты теоретического исследования виброударной машины для удаления пней // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2011. № 3. С. 51-57.
13. Ветохин В.И. Малоэнергоемкие рыхлители почвы: экспериментальная оценка рационального профиля // Тракторы и с.-х. машины. 1993. № 7. С. 15-17.
14. Лаврухин В.А., Ледяев В.Н. Обоснование коэффициента степени сжатия почвы при работе трехгранного клина // Исследования и реализация новых технологий и технических средств в с.-х. производстве. Черноград, 2001. С. 91-95.
15. Медведев В.И., Константинов Ю.В., Акимов А.П. Обобщенная математическая модель взаимодействия дискового ножа с почвой // Тракторы и с.-х. машины. 2001. № 2. С. 34-37.
16. Мударисов С.Г. Моделирование процесса взаимодействия рабочих органов с почвой // Тракторы и с.-х. машины. 2005. № 7. С. 27-30.
17. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. 2-е изд., стер. М.: КомКнига, 2006. 439 с.
18. Adams W.S. Rotary Tiller in soil Prestion // Agricultural Engineering. 1959. № 10. P. 35-48.
19. Bernacki H. Bodonía Zuzycia energii przezakty wne I combinawane maszyny uprowowe // Biul. Prac. nauk. - Badawe Zych (Inst. Bu-down. Mecan. Electr. Roln. Warszawa), 1975. № 17. P. 5-84.
20. Staafford J.V, Geiki A. An implement configuration to loosen soil by inducing tensil failure // Soil & Tillage Research. 1987. V. 9. № 4. P. 363-376.
21. Lovelidge' Brian. Farmers' Experiences of High Speed Plowing of Various Soils // Farm Machaniz and Build. 1968. № 20. P. 46-47.
22. O'Callghan J.R. Ilabage of soil by Tined Implement journal of agricultural Engineering // Research. 1964. V. 9. № 3. P. 18-25.
23. O'Callghan J.R. DerBruchmechanismus des Bodensbei der Bodenbearbeitung // Grundlagen der Landtechnik, 1967. P. 92-95.
24. O'Callghan J.R., McCoy J.V. The Handling of Soil by Moldboard Ploughs // J. Agric. engag. Ras, 1965. P. 23-35.
25. Lucius J. Bestimmung des Einflubes der Verforschungschwindigkeit auf die Bruchspannungim Boden // Deutsche Argatechnic. 1971. № 11. P. 526-528.
26. Gao Qiong, Pitt R.E., Ruina A. A Model to Predict Soil Forces on the Plow Moldboard // The British Society for Research in Agricultural Engineering, 1986. P. 141-155.

#### References

1. Volkov R.S. Technology and mechanization of cultivation of enlarged planting material of coniferous species in the nurseries of Eastern Siberia // Sovremennye mashiny i mekhanizmy v lesnom hozyajstve: sb. nauch. tr. Krasnoyarsk: VNIIMleskhoz, 1973. Vyp. 1. P. 73-81.
2. Orlovskij S.N. Designing machines and equipment for landscape gardening and landscape construction: textbook. allowance for universities. Krasnoyarsk: SibGTU, 2004. 108 p.
3. Orlovskij S.N. Problems of ecology, energy saving and environmental protection when performing work in the agro-industrial complex: monogr. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2021. 276 p.
4. Dudorev M.A., Moskaleva O.N. Optimum seeding rates and width of the sowing line in forest nurseries // Lesnoe hozyajstvo. 1969. № 5. P. 12-18.
5. Laryuhin G.A., Kalinichenko N.P. System of forestry machines. M: Agropromizdat, 1985. 264 p.
6. Zima I.M., Malyugin T.T. Mechanization of forestry works. M: Lesnaya prom-st', 1976. 416 p.
7. Turbin B.I., Drozdov V.N. Vibration and noise reduction in agricultural machines. M.: Mashinostroenie, 1976. 224 p.
8. Orlovskij S.N. Determination of energy and dynamic parameters of tractors, cutting modes of active working bodies of machine-tractor units: monogr. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2011. 376 p.
9. Orlovskij S.N., Komissarov S.V., Karnauhov A.I. Calculation of the energy intensity of cutting forest soils with bedding with end mills and power costs for cutting and performing the technological process (Fresa\_n): svidetel'stvo ob ofic. registracii programmy dlya EVM № 2007610363; zayavka № 2006613951. Zaregistrovano v Reestre programmy dlya EVM 19.01.2007.
10. GOST 12.1.012-01 SSBT. Vibration safety. General requirements. Vved. 30.06.1991. M.: Standartinform, 2006. 30 p.
11. Opejko F.A. Peat machines. Minsk: Vyshejschaya shk., 1968. 408 p.
12. Drapalyuk M.V., Batishev S.N. The results of the theoretical study of a vibro-impact machine for removing stumps //

- Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2011. № 3. P. 51-57.
13. Vetohin V.I. Low-energy-intensive soil rippers: an experimental assessment of the rational profile // Tractors and Agricultural Machinery. 1993. № 7. P. 15-17.
  14. Lavruhin V.A., Ledyayev V.N. Substantiation of the coefficient of the degree of soil compression during the operation of a trihedral wedge // Issledovaniya i realizaciya novyh tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv v s.-h. proizvodstve. Zernograd, 2001. P. 91-95.
  15. Medvedev V.I., Konstantinov YU.V., Akimov A.P. Generalized mathematical model of the interaction of a disk knife with soil // Tractors and Agricultural Machinery. 2001. № 2. P. 34-37.
  16. Mudarisov S.G. Modeling of the process of interaction of working bodies with soil // Tractors and Agricultural Machinery. 2005. № 7. P. 27-30.
  17. Timoshenko S.P. Fluctuations in engineering. 2-e izd., ster. M.: KomKniga, 2006. 439 p.
  18. Adams W.S. Rotary Tiller in soil Prestion // Agricultural Engineering. 1959. № 10. P. 35-48.
  19. Bernacki H. Bodonia Zuzycia energii przezakty wne I kombinowane maszyny uprowowe // Biul. Prac. nauk. - Badawe-  
Zych (Inst. Bu-down. Mekan. Electr. Roln. Warszawa), 1975. № 17. P. 5-84.
  20. Staafford J.V, Geiki A. An implement configuration to loosen soil by inducing tensil failure // Soil & Tillage Research. 1987. V. 9. № 4. P. 363-376.
  21. Lovelidge' Brian. Farmers' Experiences of High Speed Plowing of Various Soils // Farm Machaniz and Build. 1968. № 20. P. 46-47.
  22. O'Callgchan J.R. Ilabage of soil by Tined Implement journal of agricultural Engineering // Research. 1964. V. 9. № 3. P. 18-25.
  23. O'Callghan J.R. DerBruchmechanismus des Bodensbei der Bodenbearbeitung // Grundlagen der Landtechnik, 1967. P. 92-95.
  24. O'Callgchan J.R., McCoy J.V. The Handling of Soil by Moldboard Ploughs // J. Agric. engag. Ras, 1965. P. 23-35.
  25. Lucius J. Bestimmung des Einflubes der Verforschungsschwindigkeit auf die Bruchspannungim Boden // Deutsche Argatechnic. 1971. № 11. P. 526-528.
  26. Gao Qiong, Pitt R.E., Ruina A. A Model to Predict Soil Forces on the Plow Moldboard // The British Society for Research in Agricultural Engineering, 1986. P. 141-155.