

СОВРЕМЕННЫЕ ЛЕСНЫЕ ДИСКОВЫЕ ПЛУГИ-РЫХЛИТЕЛИ

доктор технических наук, профессор **И. М. Бартнев**¹

кандидат технических наук **И. Е. Донцов**¹

кандидат технических наук **М. Н. Лысыч**¹

кандидат технических наук, доцент **М. Л. Шабанов**¹

И. Л. Сенькин²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ГОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Статья посвящена проблемам лесовосстановления и содействия естественному лесовосстановлению в условиях нераскорчеванных вырубок, в частности, конструкциям почвообрабатывающих орудий для основной подготовки почвы. Почвообрабатывающие орудия, эксплуатируемые в подобных условиях, должны обладать повышенной проходимостью и прочностью, при этом обеспечивать приемлемые качественные показатели. Данным требованиям наиболее соответствуют плуги-рыхлители с дисковыми рабочими органами. В их конструкциях используются как пассивные, так и активные рабочие органы, что сближает первые – с дисковыми плугами и тяжелыми боронами, а вторые – с фрезерными почвообрабатывающими орудиями. На основании проведенного конструктивного анализа существующих орудий приводится их классификация по типу привода (с активным механическим приводом, с активным гидравлическим приводом, с пассивным приводом), способу агрегатирования (задненавесные, монтируемые по боковым сторонам) и типу предохранительного механизма (пружинные, гидравлические, без предохранителей). Более подробно рассматриваются орудия, представляющие различные конструктивные типы. Приводятся основные технические характеристики: варианты агрегатирования, тип привода, количество рабочих органов, ширина захвата, диаметр дисковых рабочих органов, глубина обработки, тип предохранительного механизма, вес. Дается краткое описание конструкций и назначения дисковых рыхлителей. По каждому орудью проведен критический анализ и сделаны выводы о возможности его применения в условиях нераскорчеванных вырубок. На основе проведенного анализа сформулированы основные требования к перспективным дисковым плугам-рыхлителям, которые смогут эффективно осуществлять основную подготовку почвы в условиях нераскорчеванных вырубок, при высоте пней до 50 см, в разнообразных условиях РФ.

Ключевые слова: почвообрабатывающие орудия, дисковые рыхлители, плуги, лесовосстановление, лесные вырубки, каменистые почвы, классификация, анализ

MODERN WOOD DISKSCARIFIER

DSc in Engineering, Professor **I. M. Bartnev**¹

PhD in Engineering **I. E. Dontsov**¹

PhD of Engineering **M. N. Lysych**¹

PhD of Engineering, Associate Professor **M. L. Shabanov**¹

I. L. Senkin²

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

2 – State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University»,
Voronezh, Russian Federation

Abstract

The article is devoted to problems of forest regeneration and promote natural regeneration in conditions of wood cuttings down, in particular, the designs of tillage tools for primary soil preparation. Tillage equipment operated under such conditions, must possess high permeability and strength, while providing acceptable quality. These requirements correspond to the most ploughs-rippers with disk working bodies. It uses both passive and active working bodies, which brings

the first disc plows and heavy harrows, and the second milling tillage. On the basis of the spent constructive analysis of existing tools their classification by drive type (with an active mechanical drive, with an active hydraulic drive, with a passive drive), method of aggregation (rear-mounted mounted, mounted on lateral faces) and to type of the safety mechanism (spring, hydraulic, without safety locks) is resulted. The tools representing various constructive types are in more details considered. Given their technical characteristics: variants of aggregation, type of drive, quantity of working bodies, the width, the diameter of the disk working bodies, depth of processing, type of safety mechanism, weight. The short description of designs and appointment disk rippers is given. On each tool the critical analysis is carried out and conclusions are drawn on possibility of its application in conditions not cleared cuttings down. Based on the analysis formulated the main requirements to prospective disk rippers that will effectively carry out basic preparation of the soil in conditions not cleared cuttings down at height of stubs to 50 sm in various conditions of the Russian Federation.

Key words: tillage equipment, disc rippers, plow, reforestation, wood cuttings down, stony soils, classification, analysis

Лесные вырубки это объект, предъявляющий повышенные требования к почвообрабатывающей технике. В особой степени это утверждение справедливо при лесовосстановлении на нераскорчеванных участках. Почвообрабатывающие орудия, эксплуатируемые в подобных условиях, должны обладать повышенной проходимостью и прочностью, при этом обеспечивать приемлемые качественные показатели. Данным требованиям соответствуют рыхлители с дисковыми рабочими органами. В их конструкции используются как пассивные, так и активные рабочие органы, что сближает первые – с дисковыми плугами и тяжелыми бородами, а вторые – с фрезерными почвообрабатывающи-

ми орудиями. С чем же связан столь широкий спрос, особенно за рубежом, на технологии лесовосстановления исключая корчевку пней? В первую очередь это желание нанести наименьший вред экологии вырубки и максимально сэкономить денежные средства [1, 2, 3, 10, 12, 13, 14].

Приведем классификацию дисковых лесных плугов-рыхлителей (рис.1).

Проанализируем основные типы конструкций перспективных дисковых рыхлителей, предназначенных для основной обработки почвы в условиях нераскорчеванных вырубок (рис.2).



Рис. 1. Классификация дисковых плугов-рыхлителей



Рис. 2. Основные типы дисковых рыхлителей

Рассмотрим более подробно конструкцию представителей каждого типа.

Дисковая лесная фреза TPF-1N (рис. 3) используется для механизированной полосной подготовки почвы перед естественным или искусственным восстановлением леса в местностях с большим распространением сорной растительности. Дисковые лесные фрезы навешиваются на трехточечную навеску трактора. Диск имеет три варианта установки по отношению к оси трактора в горизонтальной плоскости – 20, 30 и 45°. Стандартным оборудованием является диск с 12 зубьями [7].



Рис. 3. Дисковая лесная фреза TPF-1N

Дисковая лесная фреза TPF-2N (рис. 4) это двухдисковый вариант **TPF-1N**, отличающийся лишь конструкцией рамы и более высокими требованиями по мощности к тяговому средству [7].



Рис. 4. Дисковая лесная фреза TPF-2N

Дисковый рыхлитель Bracke T21.a (рис. 5) агрегируется с малыми форвардерами и мощными сельскохозяйственными тракторами. Хорошо приспособлен для работы на небольших участках. Выпускается в двух модификациях: с трёхточечным креплением для агрегатирования с тракторами, и с рамой для установки на форвардере. Кроме того, T21.a выпускается с



Рис. 5. Дисковый рыхлитель Bracke T21.a

гидравлически приводимыми в действие дисками и бесприводными дисками. При наличии гидропривода скорость вращения дисков может регулироваться. Давление на грунт изменяется оператором в кабине посредством системы управления. В обоих случаях, наклон диска регулируется вручную под девятью различными углами. Гидравлика оборудована клапанами, воспринимающими данные о величине нагрузки. Благодаря простоте и удобству конструкции, эта машина является универсальной и лёгкой в эксплуатации и обслуживании [4].

Также существует ряд аналогов с активными рабочими органами и гидравлическими предохранительными механизмами вертикального действия (UOT-1000, UOT-2000), отличающихся только мощностью [5].

Дисковый рыхлитель Bracke T26.a (рис. 6) – это более мощный рыхлитель, который предназначен для работы на труднопроходимых участках, захламленных порубочными остатками и валунами. Монтируется на мощных тракторах. Рыхлитель T26.a даёт хороший результат на всех типах почвы независимо рельефа поверхности. Система управления Bracke Growth



Рис. 6. Дисковый рыхлитель Bracke T26.a

Control позволяет плавно осуществлять все регулировки из кабины оператора. Манипуляторы и диски могут устанавливаться на различную ширину и под различными углами, параметры давления на грунт и давления подъема рабочего органа могут варьироваться [5].

Наиболее мощным орудием в семействе является *Bracke T.45.a* (рис. 7). Рыхлитель может одновременно обрабатывать четыре полосы, при этом значительного возрастания общего тягового сопротивления агрегата не наблюдается, за счет эффекта «подгона» тягового средства рыхлителем. Однако, при этом предъявляются повышенные требования к гидронасосу тягового средства, т.к. его производительность должна быть не менее 200 л/мин [5].



Рис. 7. Дисковые рыхлители Bracke T45.a

Агрегат лесной дисковый фрезерный MidiFlex (рис. 8) оснащен дисковыми рыхлительными рабочими органами, установленными на рычагах, которые располагаются с боковых сторон машины между колесами.

Оператор выбирает ширину полосы, угол наклона диска и давление на почву для конкретных условий. У оператора есть возможность регулирования скорости вращения диска, которая может синхронизироваться со скоростью движения машины. Параметры могут изменяться во время движения. На машине имеются датчики, информирующие систему управления о скорости движения, положении подъемных рычагов, угле наклона диска, сопротивлению почвы и др.

Система управления непрерывно производит расчет значения сопротивления почвы в зависимости от давления, положения рычагов и пр. Если усилие на дисках превышает заданное значение, например, при наезде на препятствие, рычаг выводится из рабочего положения поворотом. Это реализуется за счет уменьшения

давления в нагруженном гидроцилиндре рычага, что заставляет диски «переезжать» через препятствие без его смещения. Если препятствие настолько большое, что диски не в состоянии через него «переехать», система управления подает команду подъема рычага [8].



Рис. 8. Агрегат лесной дисковый фрезерный MidiFlex

Из отечественных орудий подобного класса можно выделить покровосдиратель ПДН-2 (рис. 9). Он предназначен для обработки дренированных слабо- и среднезадернелых песчаных и супесчаных каменистых почв на нераскорчеванных вырубках.



Рис.9. Покровосдиратель ПДН-2

В ходе испытаний ПДН-2 было выявлено, что ход орудия, как на ровных площадях, так и на склонах, устойчивый. Ширина обработанной полосы в среднем составляет 37 см. Степень обнажения минеральных горизонтов почвы колеблется от 68 до 88 %. Пропуски составляют от 10 до 34 %. Орудие удаляет подстилку толщиной до 15 см, но в местах, густо пронизанных мелкими упругими корнями, отмечается ее завал обратно в борозду (2-5 %) [9].

Существуют и перспективные отечественные

разработки. На рис. 10 представлен общий вид дискового рыхлителя, предназначенного для основной подготовки почвы в условиях нераскорчеванных и захламленных вырубках.



Рис. 10. Перспективная конструкция дискового рыхлителя

Орудие состоит из коробчатой рамы, с которой шарнирно сочленяются два рычага. На каждом рычаге установлено по дисковому рыхлящему рабочему органу, имеющему возможность свободного вращения. Рабочие органы удерживаются в требуемом положении при помощи гидроцилиндров.

В процессе движения агрегата дисковые рабочие органы приводятся во вращение от взаимодействия с почвой, при этом осуществляется интенсивное рыхление поверхностного слоя. Одновременно с обработкой почвы производится частичная расчистка обрабатываемых полос за счет сдвига в стороны порубочных остатков рабочими органами. Предусмотрен также вариант с активным приводом рабочих органов, что позволяет обеспечивать приемлемое качество обработки почвы даже в сложных условиях.

По данным имитационного моделирования описанный дисковый рыхлитель способен преодолевать препятствия высотой до 40 см от уровня почвы, при этом ширина образуемой борозды будет составлять в среднем 50 см, а расстояние между центрами борозд – 1,6 м [6].

Выводы: Исходя из анализа представленных конструкций дисковых рыхлителей, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными для работы в условиях нераскорчеванных вырубках являются конструкции, подобные Bracke T21, Bracke T26, UOT-1000, UOT-3000. Общими их чертами являются: наличие

принудительного гидравлического привода рабочих органов; возможность агрегатирования как с форвардерами, так и с сельскохозяйственными тракторами; наличие гидравлических предохранительных механизмов, позволяющих рабочим органам переезжать препятствия.

Общей особенностью дисковых фрез TPF-1N, TPF-2N и UOT-500 является отсутствие предохранительных механизмов, позволяющих работать в условиях нераскорчеванных вырубок. Это может частично компенсироваться за счет установки навески трактора в плавающее положение, однако это исключает возможность догрузки орудия весом трактора, что может вызвать необходимость установки балласта.

Рыхлители с пассивными рабочими органами Bracke T21.a и TTS-20 конструктивно просты и сравнительно дешевы, однако их качественные показатели, зачастую, заметно уступают аналогам с активными рабочими органами. Это связано с их неодинаковой эффективностью при работе в разнообразных условиях лесных вырубок. Здесь имеет значение и вид предшествующих культур, и захламленность вырубки и высота пней [11].

Отдельно стоит рассмотреть вариант компоновки агрегатов на базе форвардеров с рабочими органами, монтируемыми по боковым сторонам в месте сочленения рамы. При подобной установке рабочих органов задние колеса агрегата могут перемещаться непосредственно по обработанной полосе (MidiFlex) или, не затрагивая их. Подобный вариант компоновки агрегата интересен и обладает как рядом достоинств, так и недостатками. К достоинствам можно отнести повышенную устойчивость агрегата и удобство контроля

рабочего процесса из кабины оператора форвардера. При использовании соответствующих движителей возможно одновременное придавливание и дополнительное рыхление отваливаемого почвенного пласта колесами форвардера. К недостаткам, в первую очередь, следует отнести ограниченную маневренность и необходимость использования исключительно с форвардерами, при этом они должны соответствовать строго определенным техническим требованиям. Поэтому рационально рассматривать подобные орудия только в качестве единого агрегата со строго определенным тяговым средством, а это обуславливает низкую универсальность орудия.

В таблице приводятся основные технические характеристики дисковых плугов-рыхлителей.

Все описанные выше орудия являются продукцией зарубежных предприятий. В отличие от изделий массового потребления (автомобили, бытовая техника) локализация подобных производств на территории РФ экономически неэффективна. Стоимость же зарубежных орудий настолько высока, что возникает вопрос о разработке и развитии отечественных конструкций. При этом богатейший зарубежный опыт необходимо не только осваивать, но и активно использовать. Следует отметить, что отечественная промышленность на данный момент не производит подобных орудий, что сдерживает внедрение прогрессивных технологий лесовосстановления без удаления пней.

Как итог исследования, сформулируем основные требования к дисковым рыхлителям, которые могут эффективно осуществлять основную подготовку почвы в условиях нераскорчеванных вырубок при высоте пней до 50 см в разнообразных условиях РФ.

Таблица

Технические характеристики дисковых рыхлителей

Модель	Агрегатирование	Привод	Диаметр дисков, мм	Гидравлический масляный поток, л/мин	Масса
<i>Bracke T21.a (пассивн.)</i>	с/х трактор, форвардер	—	1000	—	1400
<i>Bracke T21.a (активн.)</i>	с/х трактор, форвардер	гидравл.	1000	80	1400
<i>Bracke T26.a</i>	с/х трактор, форвардер	гидравл.	1400	100	3450
<i>Bracke T45.a</i>	форвардер	гидравл.	1400	200	5200
<i>TPF-1N</i>	с/х трактор	гидравл.	950	40	390
<i>TPF-2N</i>	с/х трактор, форвардер	гидравл.	950	80	660
<i>MidiFlex</i>	форвардер	гидравл.	1400	130	2500

1 Рабочие органы –сферические диски с режущими ножами или рыхлящими зубьями диаметром 100-130 см.

2 Расположение рабочих органов – на задней навеске сельскохозяйственного трактора или форвардера с углами установки 20-50°.

3 Количество рабочих органов: – один, для тракторов класса 14 кН; – два, для более мощных тракторов класса 30 кН и для форвардеров.

4 Тип привода рабочих органов – пассивный,

активный гидравлический.

5 Тип предохранительного механизма – пружинные для немассивных рабочих органов, пневмогидравлические для массивных рабочих органов.

6 Общие характеристики орудия: ширина захвата – 1(2)х40-60 см; нагрузка на диск – 8000-12000 Н;

7 Глубина обработки почвы – 20-25 см.

Библиографический список

1. Афоничев, Д.Н. Снижение негативного воздействия машин на окружающую среду [Текст] / Д.Н. Афоничев, И.И. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века. – Воронеж, 2015. – № 4. С. 9-14.

2. Драпалюк, М.В. Математическое моделирование взаимодействия рычажного корчевателя с пнем и почвой [Текст] / Драпалюк М.В., Афоничев Д.Н., Раецкая Е.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 77. С. 202-213.

3. Бартенев, И. М. Современные экологически сбалансированные, ресурсо- и энергосберегающие технологии лесовосстановления [Текст] : [деп. рукопись] / И. М. Бартенев, И. Е. Донцов, М. Н. Лысыч // ГОУ ВПО ВГЛТА. – Воронеж, 2008. – 21 с.

4. Дисковый рыхлитель [Электронный ресурс] <http://xn--80adbjdausesdfbc3bdas.xn--p1ai/pdf/brochures/T21.pdf>

5. Дисковый рыхлитель [Электронный ресурс] <http://www.brackeforest.com/app/projects/brackeAllNew/images/T26aRUWeb.pdf>

6. Лысыч М.Н. Перспективные конструкции лесных дисковых рыхлителей [Текст] / М.Л. Шабанов, М.Н. Лысыч, Р.В. Иконников // Современные наукоемкие технологии. 2016. – № 12-1. – С. 92-97

7. Новак, Л. Использование машин выпускаемых в Школьном лесном предприятии Масарыкув лес [Электронный ресурс] / интернет-журнал «Лесопромышленник» / URL: http://www.lesopromyshlennik.ru/forest/lh_3.html

8. O MidiFlex [Электронный ресурс] / URL: <http://midiflex.se/index.php?q=ru/o-midiflex>

9. Соколов А. И. Механизация обработки почвы на нераскорчеванных вырубках в условиях Карелии. [Текст] / А.И. Соколов, В.А. Харитонов, Т.И. Кривенко // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 100 с.

10. Walmsley J.D. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts [Text] / J.D. Walmsley, D.L. Godbold // Forestry. 2010, – no. 1 (83), – pp. 17-38.

11. Hedin I.B. Performance Evaluation of Powered Scarifiers in North Central British Columbia [Web Page]. URL: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Frr/Frr103.htm>.

12. Löf M. Mechanical site preparation for forest restoration [Text] / M.Löf, D.Dey, R. Navarro, D. Jacobs // New Forests. 2012, – no. 5-6 (43), – pp. 825-848.

13. McLaughlin J.W. Soil organic matter and nitrogen cycling in response to harvesting, mechanical site preparation, and fertilization in a wetland with a mineral substrate [Text] // Forest Ecology and Management. 2000, – no.1 (129), – pp. 7-23.

14. Nilsson U. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine [Text] / U. Nilsson, H.L. Allen. // Forest Ecology and Management. 2003, no. 1, pp. 367-377.

References

1. Afonichev D.N., Aksenov I.I. *Snizhenie negativnogo vozdejstviya mashin na okruzhajushhuju sredu* [Reducing the negative impact of cars on the environment] Aktual'nyenapravlenijanauchnyhissledovaniy 21 veka [Recent research trends of the 21 century]. Voronezh, 2015, no. 4, pp. 9-14. (in Russian).

2. Drapalyuk M.V., Afonichev D.N., Rajecke E.V. *Matematicheskoe modelirovanie vzaimodejstviya rychazhno-*

gokorchevatelja s pnemipochvoj [Computer simulation of the arm stump and scarifier with soil] *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Multidisciplinary network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2012, no. 77, pp. 202-213.

3. Bartenev I. M., Dontsov I. E., Lysykh M. N. *Sovremennye ekologicheski balansirovannye, resurso- i energosberegayushchie tekhnologii lesosvosstanovleniya* [Modern environmentally balanced, resource- and energy-saving technologies reforestation]. Voronezh, 2008. 21 p. (in Russian).

4. *Diskovyjryhlitel'* [Disc ripper] Available at: <http://xn--80adbjausesdfbc3bdas.xn--p1ai/pdf/brochures/T21.pdf>

5. *Diskovyjryhlitel'* [Disc ripper] Available at: <http://www.brackeforest.com/app/projects/brackeAllNew/images/T26aRUWeb.pdf>

6. Lysykh M.N., Shabanov M.L., Ikonnikov. *Perspektivnye konstrukcii lesnyh diskovyhryh litelej* [Prospective design of forest disc rippers]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* [Modern high technologies]. 2016. no. 12-1. pp. 92-97

7. Novak L. *Ispol'zovaniye mashin vypuskaemykh v Shkol'nom lesnom predpriyatii Masarykuv les* [Using machines produced in the School Forest Enterprise Masarykuv forest] *internet-zhurnal «Lesopromyshlennik»* [online journal "Timber merchants"] Available at: URL: http://www.lesopromyshlennik.ru/forest/lh_3.html

8. *MidiFlex*. Available at: URL: <http://midiflex.se/index.php?q=ru/o-midiflex> Caps. screen. (Accessed 4 January 2016)

9. Sokolov A.I., Kharitonov V.A., Krivenko T.I. *Mekhanizatsiya obrabotki pochvy na neraskorchevannykh vyrubkakh v usloviyakh Karelii* [Mechanization of soil tillage on uprooted glade in Karelia]. Petrozavodsk: Karelsky Scientific Center RAS, 2008, 100 p. (in Russian).

10. Walmsley J.D., Godbold D.L. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. *Forestry*. 2010, no. 1 (83), pp. 17-38.

11. Hedin I.B. Performance Evaluation of Powered Scarifiers in North Central British Columbia. Available at: URL: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Frr/Frr103.htm>.

12. Löf M., Dey D, Navarro R, Jacobs D. Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*. 2012, no. 5-6 (43), pp. 825-848.

13. McLaughlin J., Gale M., Jurgensen M., Trettin C. Soil organic matter and nitrogen cycling in response to harvesting, mechanical site preparation, and fertilization in a wetland with a mineral substrate. *Forest Ecology and Management*. 2000, no. 1 (129), pp. 7-23.

14. Nilsson U., Allen H.L. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. *Forest Ecology and Management*. 2003, no. 1, pp. 367-377.

Сведения об авторах

Бартенев Иван Михайлович – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российской Федерации; e-mail: kafedramehaniza@mail.ru

Донцов Игорь Евгеньевич – доцент кафедры «Механизации лесного хозяйства и проектирования машин», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: dontsovie@mail.ru

Лысых Михаил Николаевич – ст. преп. кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российской Федерации; e-mail: miklynea@yandex.ru

Шабанов Михаил Леонидович – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российской Федерации; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Сенькин Иван Леонидович – студент второго курса, факультета машиностроения и аэрокосмической техники ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Information about authors

Bartenev Ivan Mikhailovich – Professor of Forestry and Mechanization of Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kafedramehania@mail.ru

Dontsov Igor' Evgen'evich – Associate Professor of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: dontsovie@mail.ru

Lysych Mikhail Nikolaevich – Senior Lecturer of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: miklynea@yandex.ru

Shabanov Michael Leonidovich – Associate Professor of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Senkin Ivan Leonidovich – a second year student, faculty of mechanical engineering and aerospace engineering State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University», Voronezh, Russian Federation

DOI: 12737/25209

УДК 631.37

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НАВЕСНЫХ ОРУДИЙ ПО ГЛУБИНЕ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ

кандидат технических наук **И. Е. Донцов**¹

доктор технических наук, профессор **И. М. Бартнев**¹

кандидат технических наук **М. Н. Лысыч**¹

1– ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская федерация

Основным критерием качества возделывания почвы является глубина ее обработки. Цель – предсказать траекторию заглубления и движения орудия, а также при наезде на препятствие и после схода с него. Факторами, активно влияющими на траекторию, могут стать скорость движения трактора, геометрия и масса навески, орудий и рабочих органов. С этой целью на основе ряда гипотез составлено дифференциальное уравнение колебаний фронтальных и задних навесных орудий относительно трактора в вертикальной плоскости по оси его движения. В гипотезе силового взаимодействия рабочих органов с почвой развиты основные положения, предложенные проф. Гячевым Л.В. Механические модели навесного орудия построены с учетом упрощений и допущений. В частности, положение орудия в различные моменты движения определяется некоторой заранее заданной функцией от обобщенной координаты. В качестве обобщенной координаты выбран угол поворота нижних тяг навески. Указанная зависимость названа передаточной функцией навески. Задавая в дифференциальных уравнениях движения различные внешние воздействия и изменяя в известных пределах силовые параметры рабочих органов, имитируют изменения почвенной среды. Важно, что такие математические модели позволяют моделировать движение не только в реальных условиях эксплуатации, но и в условиях, которые на практике создать нельзя. Например, задать очень тяжелые и длинные или очень легкие и короткие орудия, очень твердые или очень мягкие почвы и т.д. Так можно более рельефно различить новые явления и тенденции, которые трудно предположить и невозможно создать в реальных условиях. В результате появляются новые решения традиционных задач.

Ключевые слова: трактор, устойчивость, колебания, почва, силовые параметры, скорость движения