

Prokazin Nikolaj E. – head, reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Agriculture), senior researcher, Pushkino, Russian Federation; e-mail: prokazin@vniilm.ru.

Kazakov Igor V. – head of the mechanization Department of the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Engineering), senior researcher, Pushkino, Russian Federation, e-mail: igor.kazakov2015@bk.ru

Lobanova Elena N. – leading researcher of the Department of reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Agriculture), senior researcher, Pushkino, Russian Federation, e-mail: lobanova@vniilm.ru.

DOI: 10.12737/article_5c9201714914a3.76705297

УДК 631.319.4

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МУЛЬЧЕРОВ И РОТОВАТОРОВ

кандидат технических наук **С.В. Малюков**¹

кандидат экономических наук, доцент **Е.А. Панявина**¹

кандидат технических наук **А.А. Аксенов**¹

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

Представлен анализ различных средств механизации с выявлением наиболее приемлемых для осветления культур на нераскорчеванных вырубках, возобновляющихся мягколиственными породами. Показана необходимость применения машины простой и надежной по конструкции, способной срезать мягколиственные породы при наличии в междурядьях лесных культур пней и порубочных остатков. В статье проанализирован процесс удаления поросли мульчерами и ротаваторами, которые используются для ухода за лесными культурами, удаления поросли под линиями электропередач, в полосах отвода газо- и нефтепроводов, железнодорожных и автомобильных дорог. С помощью них создают противопожарные полосы в лесу, делают просеки. Производят уборки поваленных деревьев после пожаров, наводнений и ураганов. Они участвуют в ландшафтных и сельскохозяйственных работах. Проведено аналитическое сравнение их технических характеристик, выявлены достоинства и недостатки. Описано устройство и принцип их работы. Работа мульчера способна заменить целый автопарк тяжелой спецтехники и выполнить задание более эффективно и с меньшими временными и финансовыми затратами. Основным узлом, обеспечивающим повышенную производительность и надежность работы оборудования, является ротор. При выборе того или иного вида оборудования, необходимо учитывать степень сложности и объемы предполагаемых работ. От применяемой техники и технологии напрямую зависит тип вырубки, образующейся на месте проведения лесосечных работ. А от типа вырубки напрямую зависит срок лесовозобновления. Поэтому необходимо применение технологий, предусматривающих минимальное нанесение повреждений лесу и такой техники, которая отвечала бы требованиям лесозаготовительного производства, лесоводства и противопожарной безопасности. Таких машин, которые не снижали бы продуктивность леса и его способность к возобновлению. На сегодняшний день наиболее эффективна в этом плане мульчерная технология.

Ключевые слова: мульчер, ротаватор, фрезерование почвы, измельчение пней, удаление поросли.

CONSTRUCTIONS ANALYSIS OF MULCHERS AND ROTARY TILLERS

PhD (Engineering) **S.V. Malyukov**¹

PhD (Economics), Associate Professor **E.A. Panyavina**¹

PhD (Engineering) **A.A. Aksenov**¹

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

The analysis of various means of mechanization is presented with the identification of the most appropriate ones for lightening crops on uprooted clearings, renewed by soft-leaved species. The necessity of using the machines which are simple and reliable in design, capable to cut off soft-leaved species in the presence of stumps and logging residues in between rows of forest cultures has been shown. The article analyzes the process of shoots cutting by mulchers and rotary tillers, which are used for the care of forest crops, removal of shoots under power lines, in gas and oil pipelines, railways and highways. Fire-break belts are created in forests with the help of them. Harvesting of fallen trees after fires, floods and hurricanes is produced. They are involved in landscape and agricultural work. An analytical comparison of their technical characteristics has been carried out; advantages and disadvantages have been revealed. The device and principles of its work are described. Mulcher work is able to replace the whole fleet of heavy machinery and perform the task more efficiently and with less time and financial costs. Rotor is the main unit that provides increased performance and reliability of the equipment. It is necessary to consider the degree of complexity and the scope of the proposed work when choosing this or that type of equipment. The type of cutting, which is formed at the place of logging operations, directly depends on the applied equipment and technology. And the period of reforestation directly depends on the type of cutting. Therefore, it is necessary to apply technologies that require minimal damage to the forest and such equipment that would meet the requirements of logging production, forestry and fire safety. Such machines do not reduce the productivity of the forest and its ability to renew. To date, in this regard, mulching technology is the most effective one.

Keywords: mulcher, rotary tiller, rotary tillage, stump grinding, removal of sprouts.

Для проведения механизированного осветления в молодняках существуют различные машины и механизмы. Анализ различных средств механизации [1, 2, 3] с выявлением наиболее приемлемых для осветления культур на нераскорчеванных вырубках, возобновляющихся мягколиственными породами, показал, что необходима такая машина или орудие, которой можно срезать мягколиственные породы при наличии в междурядьях лесных культур пней, порубочных остатков, и имела бы простую и надежную конструкцию. Лесоводственный уход за культурами можно эффективно механизировать при помощи различных конструкций мульчеров.

Мульчеры используются для ухода за лесными культурами; удаления поросли под линиями электропередач, в полосах отвода газо- и нефтепроводов, железнодорожных и автомобильных дорог. С помощью них создают противопожарные полосы в лесу, делают просеки. Производят уборки поваленных деревьев после пожаров, наводнений и ураганов. Они участвуют в

ландшафтных и сельскохозяйственных работах [4, 5, 6].

Целью исследования определение подходящих по технико-эксплуатационным свойствам для Воронежской области мульчеров (измельчитель) и роторов (универсальная лесная фреза) для качественного выполнения мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов.

Методологическую основу исследования составляет комплекс методов логического, статистического и компаративного анализа, сопоставительный анализ.

Исследование проводилось согласно стандартным методикам и на основе ниже приведенных действующих правил в области ухода за лесами:

- Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 N 607 "О Правилах санитарной безопасности в лесах";

- Приказ Минприроды России от 22.11.2017 N 626 "Об утверждении Правил ухода за лесами" (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2017 N 49381).

В соответствии с этим, в целях определения подходящей по технико-эксплуатационным свойствам для Воронежской области техники (мульчеров и роторов), необходимо изучить усредненные характеристики участков лесного фонда, где предполагается использование техники, а также виды и объемы работ, на которые ориентирована техника.

Работа мульчера способна заменить целый автопарк тяжелой спецтехники и выполнить задание более эффективно и с меньшими временными и финансовыми затратами. Основным узлом, обеспечивающим повышенный КПД, производительность и надежность работы оборудования, является ротор. При выборе того или иного вида оборудования, необходимо учитывать степень сложности и объемы предполагаемых работ.

Государственное бюджетное учреждение Воронежской области «Воронежский лесопожарный центр» (далее – ГБУ ВО «ВЛЦ») располагает участками лесного фонда, требующими осуществления уходных работ, включая санитарно-оздоровительные мероприятия, противопожарные мероприятия и меры по борьбе с нежелательной растительностью на территории лесного фонда Воронежской области.

Видами работ, на которые ориентирована техника (мульчеры и роторы) являются:

1. Уборка неликвидной древесины. Объем работ: не менее 300 га в год, на 1 га объем неликвида в среднем 80-120 м³

2. Выборочные санитарные рубки. Объем работ: не менее 500 га в год.

3. Уничтожение порубочных остатков на лесосеках, расчистка квартальных просек. Уборка поросли на квартальных просеках не менее 200 км. В год с объемом поросли не менее 30 склад. метров.

Усредненные характеристики (нормообразующие факторы) участков лесного фонда, где предполагается использование техники (мульчеров и роторов): равнинная местность; местность со склонами до 15 градусов; условия: зимние, летние; почвы: чернозем, песчаная.

Максимальный диаметр деревьев, подлежащих измельчению мульчером составляет 30 см, ширина обрабатываемой поверхности составляет 2-3 м.

Для роторов максимальный диаметр измельчаемого материала составляет 10 см, максимальное рабочее заглубление – 10-20 см, ширина обрабаты-

ваемой поверхности составляет 2-3 м.

Имеющийся парк тракторов ГБУ ВО «ВЛЦ» представлен тракторами марки МТЗ-82, которые оснащены задним валом отбора мощности и не оснащены ходоуменьшителем.

В современных условиях хозяйствования предъявляются высокие требования к лесопользователям. Лесозаготовители обязаны вести лесосечные работы способами, не допускающими эрозии почвы и обеспечивающими хорошие условия для восстановления лесов и противопожарную безопасность всех операций, связанных с разработкой лесосек, как в процессе заготовки леса, так и на вырубках.

Выбирая марку мульчера, необходимо уделить внимание производителям, которые имеют сервисные центры, склады запасных частей, опыт работы в России в течение большого периода времени: (SEPPI, FAE, FERRI, ANWI, DENIS TIGERCAT, CIMAF, RAYCO) [7, 8, 9].

Ниже представлены основные критерии выбора мульчера.

1. Вид измельчаемой растительности. Прежде всего, необходимо учитывать тип растительности на обрабатываемых территориях. Какие деревья или кустарники преобладают в данной местности, определить максимальный диаметр деревьев и кустарников. Когда речь идет об экспериментальном применении мульчера, будет ли планироваться его использование на других территориях, где диаметр дерева может оказаться больше. Так, для уборки густых кустарников нужен мульчер с подвижными молотками, а для деревьев и пней - с фиксированными зубьями. Для территорий с густыми кустарниками лучше применять мульчер, который превышает ширину трактора.

Тип крепления у мульчеров с подвижными молотками поож – продольные оси. Модели с фиксированными резцами обладают различным типом крепления и видом самих резцов, где каждый имеет свои положительные и негативные стороны.

Далее пропишем основные плюсы и минусы каждого из типа ротора.

Плюсы ротора с подвижными резцами:

- лучшие показатели работы на поросли;

- в долгосрочной перспективе затраты на резцы (расходный материал) значительно меньше, чем у ротора с фиксированными резцами,

несмотря на большой их износ;

- размер щепы (важен когда заказчик выставляет условия по размеру щепы);

- защитный механизм при столкновении резца и инородного объекта (металл, камень) – уход в полость ротора; отрицательные черты – часть резца может оторваться, при наезде на большое количество твердых материалов (не древесины) – высок шанс искривления посадочной оси, которую понадобится менять.

Минусы ротора с подвижными резцами:

- из-за меньшей проникающей способности за смену производительность ниже на 15 % по сравнению с ротором, где установлены фиксированные молотки;

- при наезде на большое скопление твердых объектов высокая вероятность полной потери металлического каркаса полый части ротора между установленными молотками (стачивание до уровня начала сварки и при сильном ударе – потери металлического листа). Последствия – дисбалансировка ротора и дорогостоящая работа по восстановлению агрегата.

Плюсы ротора с фиксированными резцами:

- шанс поломки при попадании инородных объектов значительно меньше, чем у ротора с подвижным типом ротора. Оптимальная конструкция за счёт рёбер в виде проваренных дисков между резцами в конструкциях (FECON, DENIS CIMAF). Однако стоимость такого оборудования значительно возрастает, поэтому это не всегда рентабельно.

- возможность заглубления в землю за счёт суженных салазок на 5-10 см. Отрицательный момент – при попадании камня высокий шанс поломки оборудования (не гарантийный случай).

- большая производительность за счёт более грубой работы, за счёт вырывного усилия (при использовании резцов итальянских и немецких производителей ANWI, SEPPI, FERRI, SCHMIDT) или за счёт высоких оборотов ротора в совокупности с заостренными резцами (DENIS CIMAF, FECON). Минусом при этом выступает малый срок службы и требование по частой заточке резцов (для высокой проникающей способности).

Минусы ротора с фиксированными резцами:

- при попадании на крупные скопления твердых предметов, есть шанс серьёзной поломки за счёт вырывания не только фиксированного резца, но и посадочного места. Итог – большие вложения

в восстановление техники.

- более высокая стоимость содержания оборудования, за счёт цены на фиксированные резцы.

2. Совместимость с базовым трактором.

Мульчер, как навесное оборудование, необходимо агрегатировать на правильно подобранный трактор. Это позволит оптимизировать рабочий процесс, увеличить производительность и не тратить время и средства на ремонт оборудования [10].

Мульчеры по типу привода делятся на механические (от ВОМ трактора) и гидравлические. Механические занимают большую долю рынка, благодаря отсутствию большого количества гидравлических соединений, нуждающихся в регулярном обслуживании. Гидравлические мульчеры, запитываемые от гидросистемы трактора, получили широкое распространение при агрегатировании на спецшасси.

Для мульчерной техники лучше использовать трактор с валом отбора мощности, такие модели проще обслуживать. Реже мульчеры устанавливаются на гидравлические трактора, но при этом существует ряд нареканий: выход из строя гидромоторов, подбор специального масла и другие.

Мощность трактора является главным показателем успешной работы агрегата. Необходимо четко придерживаться его рекомендуемой мощности, она не должна превышать диапазон в большую и меньшую сторону свыше пятидесяти лошадиных сил. Для подбора мульчера на трактор мощностью свыше 220 лошадиных сил рекомендуется советоваться с заводом изготовителем.

При подборе мульчера от базовой мощности трактора необходимо вычитать 15-20 %, для определения мощности на ВОМ.

Трактора, на которые агрегируются мульчеры, должны обладать гидроходоуменьшителем (ГХУ), либо иметь возможность работать на скорости не выше 1,5-2 км. Опыт показал, что ряд моделей тракторов ХТЗ не имеют возможности установки ГХУ, что ведет к некачественной работе при измельчении древесины диаметром свыше 25 см, и как следствие - перегрузку ВОМ, разрыв ремней, выход из строя шкивов привода.

Для работы с заглублением в грунт, необходима максимальная величина работы на оборудовании, на нижнем пороге трехточечной навесной системы.

Для работы в густых лесных массивах требуется

специальная лесная защита. Она представляет собой металлический каркас в виде дуг или обрешетки вокруг кабины и моторного отсека. Также оснащаются решетками заднее и боковые окна.

Ресурс на расходные материалы в среднем составляет 600-1000 м/ч – зубья, молотки, ремни – 1500 м/ч. Для предотвращения простоя оборудования необходимо сразу заказать необходимые сменные части.

3. Рациональность применения спецшасси.

Есть мнение, что оборудование на базе спецшасси справляется с уборкой деревьев лучше навесного оборудования. При анализе рынка недостатками спецшасси в паре с гидравлическим мульчером является:

- часто выходят из строя гидромоторы и РВД на приводе мульчерной навески;

- возгорание спецшасси, вызванное попаданием щепы и древесной пыли в корпус машины из-за слабой защищенности корпуса от инородных тел;

- высокая стоимость запасных частей и частое отсутствие на складе в России;

- не предусмотрена система защиты гусеницы от разрыва, связанного с попаданием инородных металлических предметов;

- выход за габариты по ширине 2500 мм, что дает сложности при транспортировке;

- затратное содержание;

- сложная ремонтпригодность из-за большого количества катков на гусенице.

Применение спецшасси актуально для мульчера с рабочей зоной свыше 2.5 м и диаметром древесины 60-70 см.

При исследовании рынка выяснилось, что для отечественных потребителей при выборе мульчеров наиболее важными оказались следующие критерии [11]:

- механический привод вала отбора мощности энергоносителя;

- спиралевидный ротор лесной фрезы;

- количество резцов от 55 до 105 штук;

- соотношение массы мульчера к его мощности.

Для Воронежской области преимущество должно быть отдано применению техники с навесным оборудованием. При указанных условиях работы для Воронежской области целесообразно рассматривать навесные мульчеры следующих марок:

- Мульчер FAE Group UMM/S-UMM/S/HP (Италия) (рис. 1). Относится к тяжелому классу, навешиваются на трактора мощностью от 180 до 350 л.с. Приводятся в действие от ВОМ. Отличаются высокой надежностью и производительностью. Позволяют эффективно выполнять любые работы связанные с удалением и утилизацией нежелательной растительности диаметром ствола до 35 см. Заглубляются в почву на 5-7 см. Для работы с мульчером трактор должен быть оборудован ходоуменьшителем.



- Мульчер ANWI M550m (Германия) (рис. 2) разработан для машин мощностью 100-250 л.с. для 3-х точечной навески KAT III и KAT IV. Благодаря смещенной геометрии резцов в корпусе мульчера происходит максимальное измельчение растительности. Автоматический контроль натяжения ремней обеспечивает оптимальный отбор мощности и снижает износ ремней. Используемая в мульчере W-кинематика позволяет работать на склонах без потери мощности и снижает нагрузку на трансмиссию энергоносителя.

- Мульчер FERRI TFC-DT/R (Италия) (рис. 3) предназначен для расчистки от древесно-кустарниковой растительности со средним диаметром ствола 30-35 см.

Мульчеры FERRI оснащены толкающей рамой, которая предназначена для пригибания растительности вперед по ходу движения трактора, а так же обеспечивает дополнительную безопасность от заваливания дерева на кабину трактора.



Рис. 2. Мульчер ANWI M550m



Рис. 3. Мульчер FERRI TFC-DT/R

Мульчеры оснащаются двумя типами толкающих рам – механической и гидравлической. Мульчеры серии DT способны заглубляться в грунт до 5 см (переменно, в результате неровностей грунта). При этом следует отметить, что любой мульчер не способен работать ниже уровня грунта с постоянным заглублением – это прерогатива роторатора. Ширина рабочей зоны мульчера измеряется по внутренней стороне салазок, и позволяет оптимально подобрать мульчер к необходимому трактору.

- Мульчер навесной SEPPI M. STARFORST (рис. 4). Мощный лесной измельчитель, требующий мощности до 300 л.с. Подключение подходит благодаря системе ADAM™ обеспечивающей наклон редуктора измельчителя, это делает машину очень гибкой, легкой маневренности.

Система минимизации рабочих углов карданного вала, обеспечивает наклон редуктора измельчителя таким образом, что углы между карданным валом и ВОМ и между карданным валом и входным валом редуктора остаются разными. W-кинематика. Это выравнивание защищает кардан, а также ВОМ трактора от ненужных нагрузок, вызванных неровностью почвы.



Рис. 4. Мульчер навесной SEPPI M. STARFORST

Прочная конструкция из специальной износостойкой стали нового поколения, запатентованный ротор с твердосплавными режцами MINI DUO, с дополнительными вставками из карбида вольфрама, со-

четание инструментов и их опор, гарантируют высокоустойчивость, даже в самых сложных каждодневных условиях. Прочный корпус для длительного срока службы машины с защитой из износостойкой стали. Противорежущие пластины с внутренней стороны корпуса измельчение материала. Легко открывающиеся крышки обеспечивают удобный доступ к коробке передач для технического обслуживания.

- Мульчер навесной ORSI серии Big Forrest (рис. 5).



Рис. 5. Мульчер навесной ORSI серии Big Forrest
- Мульчер навесной UM-Forest. Средняя серия, ротор 505мм (Механический привод) (рис. 6).



Рис. 6. Мульчер навесной UM-Forest

Для условий работы в Воронежской области подходят следующие ротораторы:

- Ротораторы SSL SPEED (Италия) (рис. 7) навешивается на трактора с мощностью двигателя от 100 до 220 л.с. (в зависимости от рабочей ширины). Приводятся в действие от ВОМ. Применяются для фрезерования твердых почв с измельчением пней, корней и порубочных остатков. Измельчают пни и порубочные остатки диаметром до 30 см. и фрезеруют почву вместе с корнями на глубину до 30 см. Для работы с роторатором трактор должен быть оборудован ходоуменьшителем.



Рис. 7. Ротаватор SSL SPEED

- Ротаватор АНВИ RFL700 (Германия) (рис. 8). Отличается использованием машинных элементов с высоким запасом прочности. При максимальной рабочей глубине в 30 см гарантируется глубокая обработка почвенной поверхности. За счет вертикальной конструкции агрегата возможен также реверсивный режим работы фрезы. При этом в основном обрабатывается только верхний слой почвы. Такой порядок работы значительно уменьшает потребление мощности и износ режущих инструментов.



Рис. 8. Ротаватор АНВИ RFL700

- Agri-World – 180.15 (рис. 9). Навесное оборудование для измельчения мелкой поросли на уровне земли, а так же дробление камней, корней и пней в земле на глубине до 30 см.



Рис. 9. Agri-World – 180.15

Выводы

1. Для Воронежской области, где диаметр растительности не превышает 40 см, преимущество должно быть отдано применению техники с навесным оборудованием. При удалении деревьев диаметром 30-40 см не обязательно использовать мощное базовое транспортное средство, вполне достаточно будет мощность 150-230 л.с.

2. Навесное оборудование по сравнению со спецшасси, позволит сэкономить на запчастях, базовом шасси и значительно сократит расход топлива.

3. При исследовании рынка выяснилось, что для отечественных потребителей при выборе мульчеров наиболее важными оказались следующие критерии:

- механический привод вала отбора мощности энергоносителя;
- спиралевидный ротор лесной фрезы;
- количество резцов от 55 до 105 штук;
- соотношение массы мульчера к его мощности.

4. Полученные результаты могут быть использованы при проведении работ по очистке территорий от растительности.

Библиографический список

1. Шапкин, О.М. Интенсификация искусственного лесовосстановления : учеб. / О. М. Шапкин. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 152 с.
2. Малюков, С. В. Оборудование для удаления лесной поросли / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, А. А. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – № 2-2 (7-2). – С. 99-103. – DOI: 10.12737/3111.
3. Кулик, К. Н. Инновационная технология реконструкции и восстановления защитных лесных полос / К. Н. Кулик, И. М. Бартеков // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 5. – С. 3-8.
4. Повышение эффективности работы кустореза при помощи упоров-улавливателей [Электронный ресурс] / И. М. Бартеков, С. В. Малюков, П. И. Титов, В. Н. Коротких // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. – Режим доступа: www.science-education.ru/101-5304.

5. Казаков, В. И. Механизация агротехнического ухода в лесных питомниках / В. И. Казаков, Н. Е. Проказин, Е. Н. Лобанова // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 1. – С. 62-68.
6. The Possibility of Increasing the Wearing Resistance of Mulcher Tools / M. Tavodová, D. Kalincová, M. Kotus, L. Pavlík // Acta Technologica Agriculturae. – 2018. – Vol. 21 (2). – pp. 87-93. – DOI: 10.2478/ata-2018-0016.
7. Ivashnev, M. V. Synthesis methodology of patentable technical solutions: A case of equipment for removing tree and shrubby vegetation / M. V. Ivashnev, A. S. Vasiliev, I. R. Shegelman // Astra Salvensis. – 2018. – Vol. 6. – pp. 531-540.
8. Air flow conditions in workspace of mulcher (2018) / J. Čedík, J. Chyba, M. Pexa, S. Petrásek, J. Jedelský, M. Malý // Agronomy Research. – 2018. – 16 (3). – pp. 669-678. – DOI: 10.15159/AR.18.127.
9. Development of an experimental rig for soil and crop residues management / B. G. Jahun, D. Ahmad, M. R. Mahdi, S. Sulaiman // Acta Horticulturae. – 2017. – Vol. 1152. – pp. 87-93. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1152.12
10. Официальный сайт ООО «Агробук» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksey-smaragdov/idealnyy-rotor-mulchera>.
11. Официальный сайт ООО ФСНП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fsnpmachinery.ru/articles/125925>.
12. Официальный сайт «Мир мульчеров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mirmulcherov.ru.

References

1. Shapkin O. M. *Intensifikaciya iskusstvennogo lesovosstanovleniya* [Intensification of artificial reforestation]. Moscow, 1983, 152 p. (In Russian).
2. Malyukov S. V., Pozdnyakov E. V., Aksenov A. A. *Oborudovanie dlya udaleniya lesnoj porosli* [Equipment for removal of forest growth] *Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual areas of scientific research of the XXI century: theory and practice]. 2014, no. 2-2 (7-2). pp. 99-103. DOI: 10.12737/3111 (In Russian).
3. Kulik K. N., Bartenev I. M. *Innovacionnaya tekhnologiya rekonstrukcii i vosstanovleniya polezashchitnyh lesnyh polos* [Innovative technology of reconstruction and restoration of forest shelter belts] *Traktory i sel'hoz mashiny* [Tractors and agricultural machinery]. 2018, no. 5, pp. 3-8. (In Russian).
4. Bartenev I. M., Malyukov S. V., Titov P. I., Korotkikh V. N. *Povyshenie effektivnosti raboty kustoreza pri pomoshchi uporov-ulavlivatelyej* [Improving the efficiency of the brush cutter with the help of stop catchers] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012, no. 1. Available at: www.science-education.ru/101-5304. (In Russian).
5. Kazakov V. I., Prokazin N. E., Lobanova E. N. *Mekhanizaciya agrotekhnicheskogo uhoda v lesnyh pitomnikah* // Lесоhozaystvennaya informaciya. – 2017. - №1. – p. 62-68 (in Russian)
6. Tavodová M., Kalincová D., Kotus M., Pavlík L. The Possibility of Increasing the Wearing Resistance of Mulcher Tools. Acta Technologica Agriculturae, 2018, Vol. 21 (2), pp. 87-93. DOI: 10.2478/ata-2018-0016
7. Ivashnev M. V., Vasiliev A. S., Shegelman I. R. Synthesis methodology of patentable technical solutions: A case of equipment for removing tree and shrubby vegetation. Astra Salvensis, 2018, Vol. 6, pp. 531-540.
8. Čedík J., Chyba J., Pexa M., Petrásek S., Jedelský J., Malý M. Air flow conditions in workspace of mulcher. Agronomy Research, 2018, 16 (3), pp. 669-678. DOI: 10.15159/AR.18.127
9. Jahun B. G., Ahmad D., Mahd M. R., Sulaiman S. Development of an experimental rig for soil and crop residues management. Acta Horticulturae, 2017, Vol. 1152, pp. 87-93. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1152.12
10. *Oficial'nyj sajt ООО «Агробук»* [The official website of Agrobuk LLC]. Available at: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksey-smaragdov/idealnyy-rotor-mulchera>(In Russian).
11. *Oficial'nyj sajt ООО ФСНП* [The official website of the FSNP LLC]. Available at: <http://www.fsnpmachinery.ru/articles/125925>(In Russian).
12. *Oficial'nyj sajt «Mir mul'cherov»* [Official site "World Mulcher"]. Available at: www.mirmulcherov.ru(In Russian).

Сведения об авторах

Малюков Сергей Владимирович – 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: malyukovsergey@yandex.ru

Панявина Екатерина Анатольевна – доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат экономических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: panyavina-e-a@mail.ru.

Аксенов Алексей Александрович – доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aaa-aksenov@mail.ru.

Information about authors

Malyukov Sergey Vladimirovich – Associate Professor Department of Forestry Mechanization and Machine Design, 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: malyukovsergey@yandex.ru.

Panyavina Ekaterina Anatolievna – Associate Professor of Department of management and Economics entrepreneurship, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Ph.D. in Economics, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: panyavina-e-a@mail.ru.

Aksenov Alexey Aleksandrovich – Associate Professor of Production, Repair and Maintenance of Machinery 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: aaa-aksenov@mail.ru.

DOI: 10.12737/article_5c920171c372b2.19385616

УДК 631.31, 004.94

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ НА ВИРТУАЛЬНОМ СТЕНДЕ

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

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

Статья посвящена исследованию процесса взаимодействия упруго закрепленных почвообрабатывающих рабочих органов и препятствий средствами компьютерных приложений, моделирующих динамику движения 3d-моделей (MDB), созданных в среде САПР. Описывается конструкция виртуального стенда и динамометрического блока, реализованная в среде САПР SolidWorks и приложении для моделирования динамики движения SolidWorks Motion. Виртуальный стенд позволяет одновременно фиксировать все составляющие вектора тягового сопротивления (R_x , R_y , R_z). Как пример использования виртуального стенда приводятся измеренные объемные силовые характеристики процесса преодоления пня секцией модульного дискового культиватора и силы, возникающие на пружине предохранительного механизма. Также для более детального исследования силовых характеристик предохранительного механизма моделировался процесс въезда рабочего органа на препятствие клиновидной формы с плоской контактной поверхностью и постоянным углом подъема. Это дало возможность получить силовые характеристики движения рабочих органов по горизонтальной поверхности препятствий любых допустимых высот за один эксперимент и оценить параметры предохранительного механизма. Данные с участка непосредственного взаимодействия рабочего органа с препятствием были аппроксимированы полиномом второй степени, что позволило рассчитать значения сил при различных высотах препятствия (0, 10, 20, 30, 40 см) и установить их максимумы: