УДК 630*4

АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПНЕЙ

Э. С. Оруджов
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»
E-mail: elman5320@mail.ru

В лесном хозяйстве на первом месте стоят задачи воспроизводства и использования лесных ресурсов, широкое внедрение современных достижений науки, химизации и механизации производства. Необходимо интенсивнее использовать земли лесного фонда, увеличивать объемы работ по защитному лесоразведению [1-5].

Практика подтверждает, что восстановление леса на вырубках естественным путем не всегда идет удовлетворительно. В среднем по России только 34 % по площади вырубок из под сосновых древостоев возобновляется сосной, 17 % березой и осиной, 49 % площади превращается в пустыри, либо заболачивается. Возобновление леса на сплошных вырубках, возможно обеспечить только использованием комплекса механизационных работ с применением рациональной системы лесоводственных мероприятий и технологических процессов.

Для осуществления комплексной механизации по возобновлению леса на вырубках необходимо: во – первых обеспечить движение машин по одному и тому же гону или трассе при выполнении ими работ: во – вторых технологию операции необходимо строго согласовывать с технологией последующих работ, то есть при подготовке почвы следует учитывать возможность механизированного посева или посадки, ухода за культурами.

Движению машины на вырубках мешает главным образом большое количество пней. Практика подтверждает, что на вырубках с дренированными почвами и количеством пней до 600 шт. на 1 га после уборки валежника и порубочных остатков, можно осуществлять комплексную механизацию работ по возобновлению леса, размещая посевные и посадочные места между пнями. На вырубках, в тех местах где количество пней на 1 га превышает 600 шт., а высота их надземной части превышает дорожный просвет используемого трактора, комплексная механизация работ по возобновлению леса неосуществима даже после тщательной очистки от порубочных остатков и валежника. Поэтому возникает необходимость в понижении их надземной части [6-10].

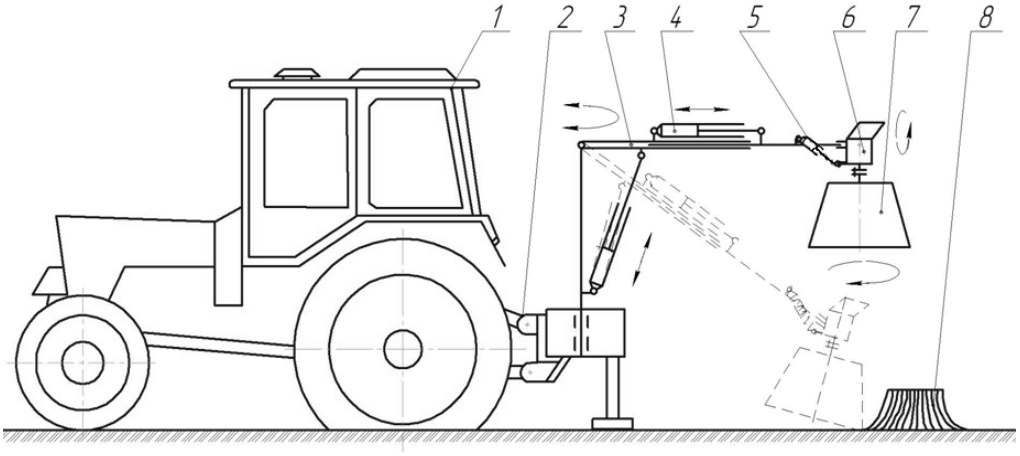
Удаление пней методом корчевания хотя и нашло широкое применение, но требует больших трудовых и финансовых затрат на выполнение этой работы, а так же обедняет верхний горизонт почвы.

Разработаны машины и орудия для удаления и понижения высоты пней различными методами: фрезерованием, пилением, срезанием при помощи различных ножевых устройств и т. п.

Все больше получает направление использования фрезерных рабочих органов, воздействующих на надземную часть пня.

В нашей стране получили широкое распространение машины для понижения пней типа: МУП-4, МТП-26А, МТП-8 и другие.

Надежность МУП-4 при понижении пней дуба недостаточна, возникает вибрация и ускоряется, по сравнению с мягкими древесными породами износ. Но эти недостатки вполне устранимы, для чего требуются дополнительные исследования с целью совершенствования конструкции рабочего органа, режима его работы и выбора более износостойкого материала для изготовления режущих и скалывающих элементов.



1 – трактор, *2* – навеска, *3* – стрела манипулятора, *4* – гидроцилиндр, *5* – регулировочное устройство, *6* – гидромотор, *7* – рабочий орган, *8* – пень

Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема машины для дробления пней с гидроприводом рабочего органа на тракторе ЛТЗ-60А

Рабочий процесс МУП-4 осуществляется путем поворота стрелы в горизонтальной плоскости. Нами предлагается модернизация машины МУП-4 за счет применения гидропривода, и шарнирного соединения фрезы со стрелой, за счет 4-звенного механизма который обеспечивает поворот фрезы в продольно вертикальной плоскости, на угол более 90 градусов, что позволяет срезать пень не только за счет поворота стрелы в горизонтальной плоскости, но и за счет по-

ворота фрезы в продольно-вертикальной плоскости. Кроме того, возможно совмещение двух движений фрезы для более эффективного удаления пня и сокращения количества переездов трактора.

Оборудование навешивается на трактор тягового класса 14Кн в нашем случае МТЗ. Далее оператор подводит трактор в рабочую зону, выставляет аутрегеры и наводит стрелой и рукоятью фрезу к пню, после чего осуществляет понижение пня [10-15].

Проанализируем исследования, которые повествуют о процессах фрезерования пней.

Древесина пня является анизатропным материалом, имеющее различные свойства в разных направлениям. Всего существует три направления: одно вдоль волокон и два поперек волокон – в радиальном и тангенциальном направлениях. [2, 5, 13]

Внедрение лезвия в обрабатываемый материал сопровождается силовым взаимодействием, которое проявляется в виде нагрузки, распределенной по поверхностям контакта и состоящей из сил нормального давления и касательных сил трения:

$$F = \sqrt{F_{\tau}^{2} + F_{n}^{2}}\ , \qquad (1)$$

где $\overrightarrow{F_{\tau}}$ и $\overrightarrow{F_{n}}$ силы представляют собой суммарные усилия, возникающие на рабочих поверхностях резца в процессе резания древесины, а именно на передней грани на лезвии и на задней грани.

От правильности выбора направления резания зависит энергоемкость процесса. В исследованиях Амалицкого В. В., Любченко В. И., приводится формула для определения мощности фрезерования:

$$P_p = F_{x\,окр} \cdot \nu\ ;\ \ P_p = K \cdot V\ , \qquad (2)$$

где $F_{x\,окр}$ – окружная касательная сила, Н/мм ; v – скорость резания, м/с; K – удельная работа резания, Дж/см^3; V – объем срезаемого слоя, см^3.

Так же приводится влияние угла резания δ на силу затягивание и отжима (при фрезеровании со встречной подачей) от остроты лезвия и средней толщины срезаемого слоя, установлено, что при $\delta < 60^{o}$ происходит затягивание, а при $\delta > 60^{o}$ отжим.

Процесс фрезерования это резание древесины, выполняемое посредством вращающихся фрез и ножевых валов. В зависимости от требований технологии применяют в основном две принципиально различные схемы фрезерования. По одной схеме получаются одновременно два вида продукции: щепа или стружка и пилопродукция. По другой схеме все сырье измельчается в стружку или щепу регламентированных размеров и качества по ГОСТу. Процесс фрезерования древесины схож с процессом измельчения в рубильных машинах.

В исследованиях Вальщикова Н. М. на отечественных и зарубежных рубильных машинах было выявлено, что при снятии толстых и тонких стружек с увеличением влажности древесины удельный расход энергии уменьшается, а с уменьшением угла резания (и угла заточки ножей) снижаются усилия резания. Рекомендуется угол заточки ножей не более 35-40º. Исследования по рубке длинной и короткой щепы позволяют сделать вывод: удельное усилие резания с увеличением длины шипа возрастает, а удельный расход энергии снижается.

Исследования Шекеля А. И. посвящены обоснованию параметров рабочих органов для удаления пней в виде конической фрезы. Резцы должны быть установлены так, чтобы осуществлялось торцово-продольное резание. Подача резца составляет 6-10 мм/об, угол резания $\delta = 50^{\circ}$.

В исследованиях Казакова В. И. получено, что при фрезеровании рабочим органом в виде барабана с ножами грибовидной формы с изменением поступательной скорости от 0,029 до 0,148 м/с при скорости резания 8 м/с мощность на фрезерование возрастает по степенной зависимости, а удельная работа уменьшается по гиперболической зависимости. С изменением скорости резания от 6,5 до 26,7 м/с при поступательной скорости 0,055 м/с затраты мощности и удельной работы возрастают по параболическим зависимостям.

В работе Гилева Н. К. получено, что при прочих равных условиях, с увеличением подачи на резец происходит снижение удельной работы резания. Сила подачи с увеличением переднего угла снижается. С точки зрения наименьшей удельной работы резания и силы подачи целесообразно резцам фрезы придавать наибольший передний угол. Однако, принимая во внимание, что по данным исследований Ф. М. Манжоса и В. С. Рыбалко, резцам фрез следует придавать угол заточки не менее 35-45º, следует считать рациональным передний угол равный 20-30º для фрез, работающих в условиях резания сучьев. При одной и той же производительности резания мощность, удельная работа резания и сила подачи ниже при работе трехрезцовой фрезой, чем четырех – и шестирезцовой. Установлено,

что при срезании сучьев березы и осины фрезерованием против направления подачи удельная работа резания ниже, чем при фрезеровании по направлению подачи, соответственно 1,8-1,7 раза. Снижение мощности резания по сравнению с цилиндрическими фрезами позволяет считать целесообразным в ряде случаев использование для срезания сучьев фрез конической формы.

В работе Апостолюка С. А. где он исследовал различные зависимости силовых и качественных показателей цилиндрического фрезерования древесины от вибраций системы «станок – инструмент – деталь – приспособление» (СИДП) получены выводы и рекомендации теоретических и экспериментальных результатов. Вибрации системы СИДП возникают под воздействием возмущающих сил двух видов: не зависящих от процесса резания; связанных с процессом резания.

Доминирующее влияние на вибрации системы СИДП как на холостом ходу, так и при фрезеровании древесины оказывают возмущающие силы первой группы, особенно силы инерции от дисбаланса. С увеличением дисбаланса инструмента от 41,6 до 625 гсм амплитуда вибраций системы инструмента на холостом ходу возрастает в 3,5-6 раз. Важным фактором, оказывающим существенное влияние на вибрации системы СИДП, является число оборотов инструмента. С увеличением числа оборотов неуравновешенного инструмента с 5000 до 8000 $с^{-1}$ частота вынужденных вибраций возрастает в 1,6 раза, а амплитуда в 5 раз. Жесткость и масса основных узлов системы СИДП значительно влияет на характер вибрационных процессов, а также степень их затухания. Силы импульсного удара резца о заготовку оказывают ощутимое влияние на вибрации системы СИДП, особенно при значительном затуплении инструмента. С увеличением затупления в 2 раза амплитуда вертикальных вибраций системы инструмента возрастает в 4 раза, а системы «деталь-приспособление» – 2,5 раза. Минимальная амплитуда вибраций системы СИДП наблюдается при затуплении резцов 20-25 мкм, значение которого можно считать оптимальным. С увеличением угла наклона винтовой линии режущей кромки от 0 до 45º амплитуда вертикальных вибраций системы СИДП уменьшается в 1,5-2 раза, а уровень шума на 5-8 дб вследствие постепенного (плавного) внедрения резца в древесину и уменьшение импульсного удара. В качестве оптимального угла наклона можно применять $\omega_н = 30º$ [15-19].

В работе Драпалюка М. В. разработана динамическая модель взаимодействия скалывающих рабочих органов с пнем, опираясь на которую найдены оп-

тимальные параметры скалывающего ножа: задний угол α = 20º-35º, угол заточки β = 43º-45º, радиус округления режущей кромки ρ = 30-70 мкм.

В работе Попикова П. И. установлено, что фрезы с механическим приводом в тяжелых условиях лесного хозяйства не обладают достаточной надежностью из-за высокой динамической нагруженности конструкции, громоздких механических передач и низкой маневренности фрезы. При гидроприводе лесной фрезы динамические нагрузки при переходных режимах снижаются по сравнению с механическим в 1,5-2 раза. При установившихся режимах фрезерования степень неравномерности крутящих моментов уменьшается в 1,78-2,83 раза, а их частоты колебаний – в 3-5 раз. [5]

Предлагаемое для сравнения устройство МПП-1 позволяет срезать пень не только за счет поворота стрелы в горизонтальной плоскости, но и позволяет срезать пень за счет поворота фрезы в продольно-вертикальной плоскости, кроме того, возможно совмещение двух движений фрезы для более эффективного удаления пня и сокращения количества переездов трактора.

Устройство для дробления пней, включающее корпус в виде усеченного конуса соединенного со стрелой с режущими элементами, по образующей которого закреплены скалывающие ножи, режущие элементы которых выполнены в виде ножей, причем пары режуще-скалывающих ножей смещены относительно друг друга по винтовой линии с перекрытием, отличающееся тем, что соединение фрезы со стрелой выполнено за счет четырехзвенного механизма, который обеспечивает поворот фрезы в продольно вертикальной плоскости, на угол более 90 градусов.

Библиографический список

1 Алентьев, П. Н. Проблемы восстановления и выращивания дубрав [Текст] / П. Н.Алепьев. – Майкоп. : Высш.шк., 1990. – 424 с.

2 Бартенев, И. М. Проектирование машин лесного комплекса [Текст] : уч. пособие // И. М. Бартенев, П. И. Попиков, Д. Ю. Дручинин. – Воронеж, 2014. – 453 с.

3 Бартенев, И. М. Машины и механизмы лесного хозяйства. Оборудование для корчевки пней и подготовки почвы на вырубках [Текст] : метод. указания к лабораторно-практическим работам для студентов специальностей 260400 (250201) – Лесное хозяйство и 170400 (150405) – Машины и оборудова-

ние лесного комплекса / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, Е. В. Карамышев; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2007. – 24 с.

4 Бартенев, И. М. Технологии и машины удаления поросли, порубочных остатков и пней на вырубках [Текст] : деп. рукопись / И. М. Бартенев, С. В. Малюков ; И. М. Бартенев, С. В. Малюков ; Фед. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Воронеж. гос. лесотехн. акад." – Воронеж, 2010. – 82 с.

5 Беликов, Е. В. Обоснование параметров фрезы с гидроприводом для понижения пней твердолиственных пород на лесных участках [Текст] : дис. … канд. техн. наук : 05.21.01: защищена 25.06.10 / Е. В. Беликов; Е. В. Беликов; гос. образоват. учреждение высш. проф. образования, Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2010. – 171 с.

6 Григорьев, И. В. Технология и машины лесовосстановительных работ [Текст] : учеб. для вузов / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова – СПб. : Лань, 2015. – 272 с.

7 Зима И. М. Механизация лесохозяйственных работ [Текст] / И. М. Зима, Т. Т. Малючин. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 264 с.

8 Казаков, В. И. Обоснование технологических параметров процесса фрезерования почвы с древесными включениями на нераскорчеванных вырубках [Текст] : автореф. дис. . канд. техн. наук : 05.21.01 / В. И. Казаков. – Воронеж, 1982. – 21 с.

9 Калиниченко, Н. П. Лесовостановление на вырубках [Текст] : Н. П. Калиниченко, А. Н. Писаренко, А. Н. Смирнов. – М. : Лесная промышленность, 1991. – 380 с.

10 Ларюхин, Г. А. Система лесохозяйственных машин [Текст] / Г. А. Ларюхин. – М. : Агропромиздат, 1985. – 264 с.

11 Лебедев, Н. И. Объемный гидропривод машин лесной промышленности [Текст] / Н. И. Лебедев. – М. : Лесная промышленность, 1986. – 296 с.

12 Маслай, В. И. Основные эксплуатационные показатели лесокультурных агрегатов на вырубках [Текст] : канд. дис., Киев, 1985. – 233 с.

13 Мазуркин, П. М. Поисковое конструктирование лесотехнического оборудования [Текст] / П. М. Мазуркин. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.

14 Нартов, П. С. Гидропривод лесохозяйственных машин [Текст] / П. С. Нартов, П. И. Попиков. – Воронеж. : ВГУ, 1978. – 112 с.

15 Пошарников, Ф. В. Технология и машины лесовосстановительных ра-

бот [Текст] : уч. пособие / Ф. В. Пошарников. – Воронеж : ГОУ ВПО «ВГЛТА», 2006. – 523 с.

16 Поздняков, Е. В. Методы освоения вырубок, технологии и машины для удаления пней на вырубках [Текст] : М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш.проф. образования "Воронеж. гос. лесотехн. акад.". – Воронеж, 2013. – 72 с.

17 Чеботарев, В. В. Окружающая среда и автомобиль. Методические указания к выполнению практических работ для студентов специальности 150200 (190601) – Автомобили и автомобильное хозяйство [Текст] / В. В. Чеботарев; Н. Л. Прохорова; Фед. агентство по образованию, гос. образоват. учреждение высш. проф. образов. «Воронеж гос. лесотехн. акад.». – Воронеж, 2008. – 35 с.

18 Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 [Текст] / И. П. Ксеневич, С. JI. Кустанович, П. Н. Степанюк и др.; Под общ. ред. И. П. Ксеневича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1984. – 254 с.

19 Цветков, В. Ф. Самовозобновление леса [Текст] : текст лекций / В. Ф. Цветков. – Архангельск : Арганг. госуд. техн. ун-т, 2009. – 84 с.

20 А. с. 782756 СССР, МКИ А 01 G 23/06. Рабочий орган для фрезерования пней [Текст] / А. В. Камашев, С. Н. Шмаков, В. И. Казаков (СССР). № 2560417/29-15; заявл. 26.12.77; опубл. 30.11.80, Бюл. № 44. – 2 с.