

УДК 630*36

БЕССТРУЖЕЧНОЕ СРЕЗАНИЕ КУСТАРНИКА И ПОРОСЛИ

П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

Анализ отечественного и зарубежного опыта свидетельствует о необходимости биотехнического проектирования способов и средств заготовки лесоматериалов. Из многообразия насаждений мы в данной статье выделяем требующие массивированной (сплошные, условно сплошные рубки, рубка плантаций в целях заготовки балансов) и экстренной (расчистка площадей под строительные объекты, свodka большого участка леса) обработки.

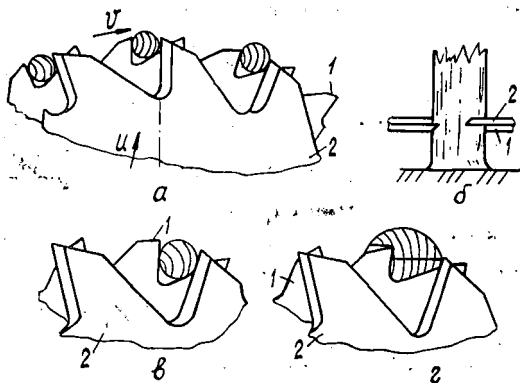
Технические решения одновременной обработки нескольких деревьев не получили пока практического распространения, хотя в лесах третьей группы без подроста лесосечные работы вполне можно выполнять машинами, срезающими деревья без захвата каждого из них. Эту концепцию разрабатывают канадские фирмы «Керинг», «Кейс», «Харрикана» и др.

В работе [5] отмечено, что исследуется применение дисковых пильных механизмов, по принципу действия аналогичных рабочему органу машины МТП-13А, выпускаемой ивановским заводом «Ивторфмаш» для сводки леса над торфяными полями. Для беззахватного срезания деревьев, кустарника и поросли за рубежом используют фрезы взамен пассивных ножевых головок.

В нашей стране ЦНИИМЭ разработал сменный рабочий орган к ЛП-19Б с цилиндрическими ножами. По этому же пути пошли в ГДР [6], создав модули для различных тракторов, в частности для экскаватора типа ЭО-2621А.

В МарПИ по заказу энергетиков была создана машина АСК-16 на базе ЛП-19 для срезания кустарника и поросли под линиями электропередачи. Описание и техническая характеристика конструкции приведены в работе [2], данные об эффективности применения нового кустореза — в работе [4].

Рис. 1. Расчетные схемы бесстружечного срезания кустарника и поросли агрегатом АСК-16: а — взаимодействие зубчатых ножей с кустарником; б — перерезание ствола зубьями ножей; в — перерезание ствола диаметром 8 см; г — перерезание ствола диаметром 16 см; 1 — подвижный зубчатый дисковый нож; 2 — зубчатый контрнож



Рабочий орган с приводом от полноповоротной платформы установлен на ЛП-19. На рис. 1 показаны схемы срезания древесной растительности. Зубчатый диск, вращаясь относительно неподвижного контрдиска, работает как множество срезающих ножевых головок. Такое исполнение позволяет повысить производительность срезания кустарника и поросли до 3 га в смену. Эта конструкция может составить конкуренцию дисковой фрезе.

При повороте платформы со стрелой агрегат АСК-16 перерезает стволы диаметром до 16 см и одиночные деревья диаметром до 25 см. Ножи бесстружечного резания в виде зубьев выполнены на дисках диаметром 2,1 м. На подвижном диске расположены 32 ножа, на неподвижном — 16. Каждая пара зубьев ножа и контрножа работает по принципу ножниц (рис. 1, а, б). Стволы диаметром до 8 см перерезаются за один раз (рис. 1, в), до 16 см — за два раза (рис. 1, г). Срезание более толстых деревьев происходит за счет расщепления волокон древесины в зоне среза.

Мощность гидромотора, приводящего во вращение подвижный диск, равна 39,6 кВт, частота вращения может изменяться в двух интервалах: от 0 до 6 и от 0 до 30 об/мин. Например, при срезании кустов с диаметром стволов менее 8 см ножи вращаются с частотой до 30 об/мин, более 8 см — с частотой до 6 об/мин. Максимальные окружные скорости инструмента v по вершинам зубьев составляют соответственно 3,30 и 0,66 м/с.

Рабочий орган навешивают на ЛП-19 вместо захватно-срезающего устройства. Время ремонта занимает не более 30 мин. Максимальный вылет по оси зубчатых дисков составляет 8 м. Платформа ЛП-19 вращается с частотой 0...6 об/мин.

Определим при заданной мощности привода допустимую скорость подачи u агрегата АСК-16 на кусты в зависимости от их крупности.

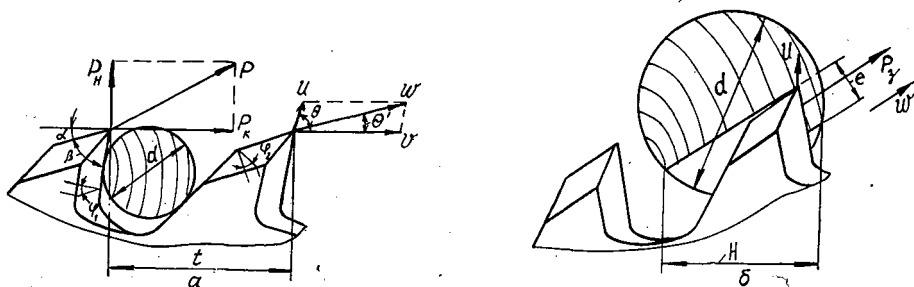


Рис. 2. Расчетные схемы для определения усилий бесстружечного срезания зубьями подвижного ножа деревьев диаметром 8 см (а) и 16 см (б): P — общая сила резания; w — скорость резания; t — шаг зубьев; d — диаметр срезаемых стволов; α — задний угол; β — угол заострения; φ_1 — передний угол заострения; φ_2 — задний угол заострения

Рассмотрим схему на рис. 2, а. Все силы условно приложим к вершине зубьев неподвижного диска, а работу резания зубьев контрножа не будем учитывать. Силу P_3 , действующую на один зуб вдоль вектора w , рассчитаем по формулам, приведенным в работах [1, 3]. Общую касательную силу P_k вычислим по всем зубьям Z_p , участвующим в резании:

$$P_k = Z_p P_3 \cos \theta', \quad (1)$$

где θ' — угол движения, рад.

Площадь среза равна $0,25\pi d^2$, а площадь впадины зубьев — $a_\phi t^2$, где a_ϕ — коэффициент формы зуба. Если сечение среза уместается в половине площади впадины между зубьями, то происходит срезание куста за один раз. Из условия

$$\pi d^2/4 \leq \pi a_\phi t^2/6 \quad (2)$$

получим, что при $a_\phi \approx 0,5$ для одноразового срезания необходимо выполнить условие $d \leq 0,6 t$. Тогда имеем, что при $d \leq 0,6 t$ $Z_p = 1$, а при $d > 0,6 t$

$$Z_p = H/t, \quad (3)$$

где H — высота среза (рис. 2, б), м.

Толщина слоя e при бесстружечном резании (рис. 2, б) значительна и вычисляется по формуле

$$e = cv \sin \Theta/w, \quad (4)$$

где c — подача на зуб, м,

$$c = tu/v; \quad (5)$$

Θ — угол встречи скоростей u и v , рад;

$$w = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos_2 \Theta}.$$

Следовательно,

$$e = tu \sin \Theta / \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \Theta}.$$

Первый зуб начинает резать тогда, когда сечение среза входит до основания впадины на глубину e . Поэтому высота среза первым зубом

$$H_1 = \sqrt{4de - e^2}. \quad (6)$$

Максимальная высота среза H_{\max} равна

$$H_{\max} = d \sin \Theta. \quad (7)$$

Тогда из уравнения (1)

$$P_{k \max} = Z_{p \max} P_z \cos \Theta', \quad (8)$$

где $Z_{p \max} = H_{\max}/t = d \sin \Theta/t$;

$$\Theta' = \arctg u \sin \Theta / (v + u \cos \Theta).$$

При попадании на зубчатый диск нескольких стволов (см. рис. 1, а)

$$P_{k. \text{общ}} = n_p P_{k \max}, \quad (9)$$

где n_p — число одновременно срезаемых стволов, шт.

Угол Θ в этом случае меняется, поэтому принимается некоторое его среднее значение, например $\Theta_{\text{ср}} = \pi/3$.

В крупных стволах резание происходит вдоль векторов v (усилие P_k) и u (усилие P_u [3, с. 55]) гранями зубьев с углами соответственно φ_1 и φ_2 (рис. 2).

Если кинематический задний угол α_k , равный

$$\alpha_k = \alpha - \Theta', \quad (10)$$

удовлетворяет условию

$$\alpha_k \leq \alpha - \pi/18, \quad (11)$$

то сопротивлением срезанию задней гранью можно пренебречь. Тогда нормальное усилие P_n (рис. 2, а)

$$P_n = a_0 P_k, \quad (12)$$

где a_0 — коэффициент, учитывающий затупление по задним режущим кромкам, $a_0 = 0,3 \dots 0,8$.

Мощность привода определяют по формулам:

для ножа

$$N = P_{к, общ} v / \eta; \quad (13)$$

для подачи

$$N_n = P_n u / \eta, \quad (14)$$

где η — КПД привода.

Для поворота платформы и вращения ножа используют один привод, поэтому для обоих механизмов $\eta = 0,7$. Для гидромоторов модели 210.25.13 $[N] = [N_n]$, тогда допустимые усилия

$$[P_k] \leq [N] \eta / v; \quad [P_n] \leq [N] \eta / u. \quad (15)$$

При $[N] = 39,6$ кВт; $\eta = 0,7$ и значениях v , равных 0,66 и 3,30 м/с, получим $[P_k]$, меньшее или равное 42 и 8,4 кН. Принимая в среднем вылет $L = 8$ м, имеем

$$u = \pi L n_{пл} / 30, \quad (16)$$

где $n_{пл}$ — частота вращения платформы, об/мин.

При изменении $n_{пл}$ от 0 до 6 об/мин скорость u возрастает от 0 до 5,0 м/с. Очевидно, что $[u]$ будет ограничиваться вместимостью впадины между зубьями. Поэтому впадина зубьев ножа выполнена для размещения стволов сечением до 8 см, контрножа — до 16 см (см. рис. 1).

Если для привода ножа использовать два гидромотора, то значение $[u]$ можно увеличить. Применяя выражение (5), находим

$$[u] \leq c_{max} v / t. \quad (17)$$

Здесь c_{max} — максимальная подача на зуб, м. Примем $c_{max} = a_\phi t$, тогда

$$[u] \leq a_\phi v Z_{гм}, \quad (18)$$

где $Z_{гм}$ — число гидромоторов привода ножа, шт.

В нашем случае $a_\phi \approx 0,5$, поэтому $[u] \leq 0,5 v$. Для двухскоростного привода ножа при $[N] = 39,6$ кВт $[u]$ равно 0,33 и 1,65 м/с, при $[N] = 2 \cdot 39,6 = 79,2$ кВт $[u]$ равно 0,66 и 3,30 м/с. Из формул (15) и (12) следует, что при правильном выборе угла α (рис. 2, а) значения P_n всегда меньше P_k . Поэтому производительность работы машины ЛП-19А с кусторезом АСК-16 ограничивается только мощностью привода ножей. Приводим основные расчетные данные:

Число гидромоторов типа 210.25.13 на кусторезном органе, шт.

	1	2	3
Мощность $[N]$, кВт	39,6	79,2	118,8
Окружная скорость v , м/с	0,66; 3,30	0,66; 3,30	0,66; 3,30
Допускаемая сила $[P_k]$, кН	42; 8,4	84; 16,8	126; 25,2
Допускаемая скорость подачи $[u]$, м/с	0,33; 1,65	0,66; 3,30	0,99; 5,0
Максимальный диаметр срезаемых стволов, см	16; 8	16; 8	16; 8

Как видим, привод подвижного ножа с тремя гидромоторами позволяет срезать кусты диаметром 0...8 см при максимально возмож-

ной скорости поворота платформ с манипулятором. При этом наилучшим образом используется мощность насоса и двигателя ЛП-19А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мазуркин П. М. Алгоритмы расчета бесстружечного резания древесины / Марийск. политехн. ин-т.—Йошкар-Ола, 1989.—210 с.—Деп. во ВНИПИЭИлеспром. 03.05.89, № 2488—л689. [2]. Мазуркин П. М., Лопатин А. М., Шакирзянов В. К. Машина для срезания (скашивания) кустарника и поросли // Лесозаготовка и лесослав.—1989.—№ 4.—С. 4—5. [3]. Печенкин В. Е., Мазуркин П. М. Бесстружечное резание древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—144 с. [4]. Пинчук В. М., Мазуркин П. М. Повышение эффективности эксплуатации ВЛ, проходящих в лесных массивах // Энергетик.—1989.—№ 12.—С. 15. [5]. Feller-Buncher Heads // Forest Industries.—1986.—N 8.—P. 23—25. [6]. Pehlgrimm H. Messerfällaggregate — technische Lösungen // Beitz. Fortwirtschaft.—1989.—N 23.—S. 39—46.

Поступила 16 июля 1990 г.

УДК 630*323.001.57

МЕТОДИКА ВЫБОРА СИСТЕМЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. И. ФАСТ

Архангельский лесотехнический институт

Выбор рациональных систем лесосечных машин для работы в определенных природно-производственных условиях — одна из важнейших задач лесозаготовительной отрасли.

В северо-восточных регионах европейской части РСФСР на лесосечных работах широко используют валочно-трелевочную машину (ВТМ) ЛП-49. Однако она имеет ряд существенных недостатков: большую массу технологического оборудования, низкую надежность и проходимость на слабых грунтах, практически полностью уничтожает подрост на лесосеке. С ЛП-49 могут конкурировать системы машин на базе валочно-пакетирующей машины (ВПМ) ЛП-19, работающей совместно с пачкоподборщиками ЛТ-154 или тракторами ЛП-18А.

Объем пачек, формируемых ВПМ ЛП-19 в низкобонитетных древостоях, составляет всего 1,5...2,0 м³. Предварительные расчеты показали, что производительность тракторов ЛТ-154, работающих в комплексе с ЛП-19, не превышает 35...40 м³/см. Поэтому в условиях Северо-Востока РСФСР применение трактора с пачковым захватом (ЛТ-154) нерационально.

Цель нашей работы — оценить эффективность эксплуатации систем машин ЛП-49 и ЛП-19 + ЛП-18А в одинаковых условиях методом имитационного моделирования. В качестве характеристики процессов приняты удельные приведенные затраты на валку — пакетирование и трелевку леса, параметров — таксационные показатели лесосеки, технические характеристики машин и технология их работы.

При оценке работы машин рассматривали наиболее распространенную схему освоения лесосек с ходами, перпендикулярными ус лесовозной дороги. Поскольку бригадную делянку, как правило, разбивают на несколько одинаковых частей, рассматривали освоение одной ее части. За начало координат принимали левый верхний угол делянки* (рис. 1).

* Под делянкой в дальнейшем подразумевается ее часть, тяготеющая к одному лесопогрузочному пункту.