

лесоразработок и транспорт леса. Минск: Выш. шк., 1983, вып. 13, с. 8–12. 5. Федоренчик А.С. О повышении ритмичности технологического процесса лесозаготовительных предприятий. – В кн.: Технический прогресс и комплексное использование местных ресурсов древесного сырья на предприятиях Минлеспрома УССР. Ивано-Франковск, 1982, ч. 1, с. 40–41.

УДК 630*332

А.В.ВАВИЛОВ, канд.техн.наук (БПИ)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРИВОД РОТОРА КОРЧЕВАТЕЛЯ

На корчевке пней диаметрами 10–20 см целесообразно применять роторные корчеватели непрерывного действия [1]. Рабочий орган такого корчевателя – ротор с клыками – осуществляет извлечение из почвы пней с корневыми системами, обеспечивая при этом минимальный вынос гумуса с разрабатываемого участка.

Однако вопросы энергетике роторного рабочего органа при его применении на минеральных почвах изучены недостаточно.

В общем виде мощность, затрачиваемую на привод ротора (рис. 1), можно определить по формуле

$$N = Pr\omega, \quad (1)$$

где P – сопротивление извлечению корневой древесины из почвы ротором, N ; r – радиус окружности корчевания, см; ω – угловая скорость ротора, рад/с.

Сопротивление извлечению корневой древесины из почвы можно записать

$$P = K_{уд} n_k S' = K_{уд} n_k t_k a, \quad (2)$$

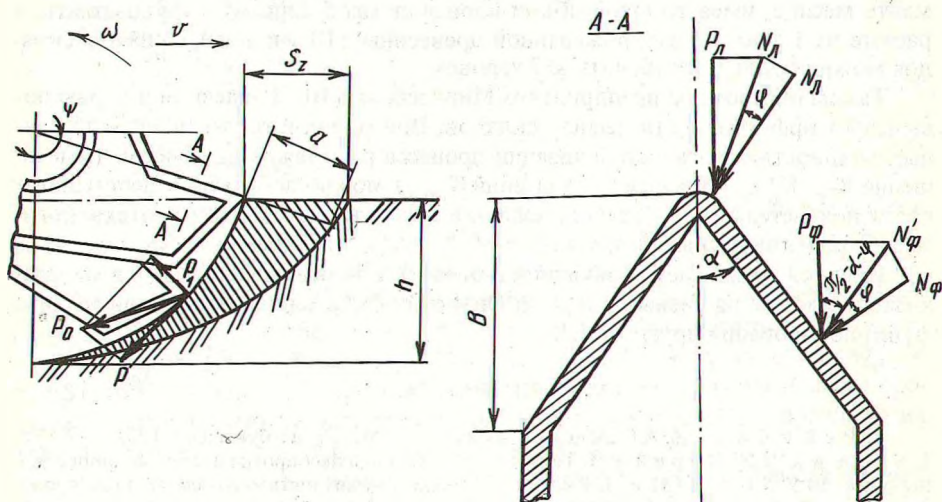


Рис. 1. Схема к определению затрат энергии на корчевание роторным рабочим органом.

где $K_{уд}$ — удельное сопротивление извлечению корневой древесины и резанию почвы ротором, H/cm^2 ; n_k — число клыков ротора, находящихся одновременно в работе, шт.; S' — площадь взаимодействия клыка с неразрушенной средой, cm ; t_k — толщина клыка, cm ; a — толщина срезаемого слоя, cm .

$K_{уд}$ из формулы (2) можно записать в виде суммы

$$K_{уд} = K_d m + K_n (1 - m), \quad (3)$$

где K_d — удельное сопротивление извлечению корневой древесины; m — отношение суммарной толщины извлекаемых корней a_1 к толщине срезаемого слоя a ; K_n — удельное сопротивление резанию почвы, H/cm^2 .

Значения K_d и K_n попытаемся определить аналитически. На клыке корчевателя можно выделить элементы ножа: лезвие, фаски и щеки.

Воздействуя на корень в начальный момент, лезвие клыка корчевателя деформирует верхние волокна. Слой древесины корня, на который непосредственно давит лезвие клыка корчевателя, сжимается, а также растягивается благодаря изгибу под действием клыка. В результате сжатия происходит смятие волокон. Степень сжатия и растяжения волокон зависит от степени затупления лезвия. При остром лезвии резание корней происходит при предельных напряжениях смятия поперек волокон, а при его значительном затуплении разрушение (разрыв) корней происходит от растягивающих предельных напряжений. С учетом изложенного K_d в общем виде можно записать

$$K_d = K_p t_1 + K_b (1 - t_1), \quad (4)$$

где K_p — удельное сопротивление резанию корневой древесины, H/cm^2 ; t_1 — перерезаемая часть корней; K_b — удельное сопротивление разрыву корневой древесины, H/cm^2 .

Кроме лезвия, в процессе резания участвуют фаски клыка корчевателя. Тогда K_p можно представить в виде суммы

$$K_p = K_l + 2K_\phi, \quad (5)$$

где K_l — удельное сопротивление резанию корневой древесины лезвием; K_ϕ — удельное сопротивление смятию корневой древесины фаской клыка.

Удельное сопротивление резанию корневой древесины лезвием можно записать, воспользовавшись уравнением [2] :

$$K_l = K + \delta / t_l,$$

где K , δ — коэффициенты; t_l — толщина лезвия, cm .

Удельное сопротивление смятию корневой древесины фаской клыка K_ϕ можно определить, зная силу P_ϕ , затрачиваемую на смятие древесины корня и на преодоление сил трения ее о фаску клыка:

$$P_\phi = \frac{N_\phi \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi},$$

где N_ϕ — нормальное давление на фаску клыка; α — угол резания; φ — угол внешнего трения.

Нормальное давление на фаску клыка N_Φ можно определить по формуле

$$N_\Phi = \frac{\sigma_\Phi b \cdot d_{cp}}{\cos \alpha},$$

где σ_Φ — удельное давление корневой древесины на поверхность фаски, $\text{H}/\text{см}^2$;
 b — длина заостренной части клыка (рис. 1).

Тогда удельное сопротивление смятию корневой древесины фаской клыка K_Φ запишется:

$$K_\Phi = \frac{\sigma_\Phi \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}.$$

Значение σ_Φ предлагается представлять в следующем виде [3]:

$$\sigma_\Phi = \frac{\sigma_\perp \sigma_\parallel}{\sqrt{\cos^2 \alpha \sigma_\perp^2 + \sin^2 \alpha \sigma_\parallel^2}},$$

где σ_\perp — удельное сопротивление корней сжатию перпендикулярно волокнам, $\text{H}/\text{см}^2$;
 σ_\parallel — удельное сопротивление корней сжатию параллельно волокнам, $\text{H}/\text{см}^2$.

Окончательно K_Φ можно записать

$$K_\Phi = \frac{\sigma_\perp \sigma_\parallel \sin(\alpha + \varphi)}{(\sqrt{\cos^2 \alpha \sigma_\perp^2 + \sin^2 \alpha \sigma_\parallel^2}) \cos \varphi}.$$

Полученные значения K_\perp и K_Φ подставляем в формулу (5) и получаем зависимость для определения удельного сопротивления резанию корневой древесины:

$$K_p = K + \sigma/t_\perp + \frac{2\sigma_\perp \sigma_\parallel \sin(\alpha + \varphi)}{(\sqrt{\cos^2 \alpha \sigma_\perp^2 + \sin^2 \alpha \sigma_\parallel^2}) \cos \varphi}.$$

K_B из формулы (4) примерно равно пределу прочности корней при растяжении вдоль волокон $\sigma_{п.п.}$. Для корней ивы, березы, ольхи пределы прочности соответственно равны: 1960, 1660, 1540 $\text{H}/\text{см}^2$.

Тогда, подставив полученные значения в формулу (4), будем иметь

$$K_\perp = [K + \sigma/t_\perp + \frac{2\sigma_\perp \sigma_\parallel \sin(\alpha + \varphi)}{(\sqrt{\cos^2 \alpha \sigma_\perp^2 + \sin^2 \alpha \sigma_\parallel^2}) \cos \varphi}] t_1 + \sigma_{п.п.} (1 - t_1). \quad (7)$$

Удельное сопротивление резанию почвы клыком K_Π можно определить аналогично

$$K_\Pi = K'_\perp + 2K'_\Phi + 2K_{ш}, \quad (8)$$

где K'_\perp — удельное сопротивление проникновению лезвия в почву, $\text{H}/\text{см}^2$;
 K'_Φ — удельное сопротивление резанию почвы фаской клыка, $\text{H}/\text{см}^2$;
 $K_{ш}$ — удельное сопротивление на щеке клыка, $\text{H}/\text{см}^2$. K'_Φ из формулы (8) можно записать

$$K'_\Phi = \frac{\sin(\alpha + \varphi) \sigma'_\Phi}{\cos \varphi}, \quad (9)$$

где σ'_ϕ — давление почвы на поверхность фаски, Н/см². K_{III} можно представить в виде

$$K_{III} = \sigma'_\phi \operatorname{tg} \varphi. \quad (10)$$

Тогда с учетом формул (9) и (10) зависимость (8) запишется

$$K_{II} = K'_I + \frac{2 \sin(\alpha + \varphi) \sigma'_\phi}{\cos \varphi} + 2 \sigma'_\phi \operatorname{tg} \varphi. \quad (11)$$

Значение m — отношения суммарной толщины извлекаемых клыков корневой a_1 к толщине срезаемого им слоя a из формулы (3) можно определить исходя из пуассоновского распределения корней по площади (экспериментальная проверка подтвердила применимость в данном случае этого распределения). В большинстве случаев корни расходятся от корневого узла под углом или почти горизонтально. Среднее число корней n' , одновременно попадающих на часть длины клыка ротора, которая взаимодействует со средой и соответствует толщине срезаемого слоя a , можно определить:

$$n' = 2a \sqrt{M'/S'},$$

где M' — число корней, попадающих на режущую поверхность одного клыка, шт. (отношение M'/S' приблизительно равно отношению M/S). Здесь M — среднее число корней на площади; S — площадь, включающая эти корни).

Тогда суммарную толщину разрезаемых корней представим a_1 :

$$a_1 = 2ad_{cp} \sqrt{M/S},$$

где d_{cp} — средний диаметр корня, см.

В итоге m будет равно

$$m = a_1/a = 2d_{cp} \sqrt{M/S}. \quad (12)$$

Подставив полученные значения K'_I , K_{II} , m (формулы (7), (11), (12)) в выражение (3), можно определить удельное сопротивление извлечению корневой древесины и резанию почвы ротором корчевателя. Толщину срезаемого слоя a для определения площади взаимодействия клыка ротора со средой S' (для подстановки в формулу (2)) приблизительно можно определить по формуле

$$a = S_z \sin \psi,$$

где S_z — подача на один клык корчевателя; ψ — угол контакта клыка корчевателя с поверхностью резания.

Подача S_z определяется по формуле

$$S_z = \frac{2\pi r}{z\lambda},$$

где z — число клыков в плоскости резания; λ — отношение окружной скорости к поступательной.

Окончательно

$$a = \frac{2\pi r}{z\lambda} \sin \psi.$$

Значения потребляемой мощности корчующим ротором, полученные расчетным и экспериментальным путем

Значения средних диаметров корней, извлекаемых ротором, см	Значения потребляемой мощности, рассчитанные по формуле (14), кВт	Средние значения потребляемой мощности, полученные экспериментально, кВт	Доверительный интервал при уровне значимости 0,05
2	33,4	36,08	33,3 ... 38,86
3	39,8	42,38	39,6 ... 45,16
4	46,4	49,08	46,3 ... 51,86

Тогда площадь взаимодействия клыка с неразрушенной средой равна

$$S' = t_{\text{к}} a = \frac{2\pi r t_{\text{к}} \sin \psi}{z \lambda} \quad (13)$$

Используя полученные формулы (7), (11), (12), (13) для подстановки их в формулу (2), можно определить сопротивление извлечению корневой древесины из почвы ротором. Подстановка последней зависимости в формулу (1) дает уравнение для определения мощности, затрачиваемой на привод корчующего ротора:

$$N = \left\{ \left[(K + \delta/t_{\text{л}} + \frac{2\sigma_{\perp} \sigma_{\parallel} \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi \sqrt{\cos^2 \alpha \sigma_{\perp}^2 + \sin^2 \alpha \sigma_{\parallel}^2}}) t_{\text{л}} + \sigma_{\text{п.п}} (1 - t_{\text{л}}) \right] \times \right. \\ \times 2d_{\text{ф}} \sqrt{M/S} + \left. \left[(K'_{\text{л}} + \frac{2\sin(\alpha + \varphi) \sigma'_{\text{ф}}}{\cos \varphi} + 2\sigma'_{\text{ф}} \operatorname{tg} \varphi) (1 - 2d_{\text{ф}} \sqrt{M/S}) \right] \right\} \times \\ \times \frac{2\pi r^2 t_{\text{к}} \sin \psi n_{\text{к}} \omega}{z \lambda} \quad (14)$$

Полученная формула учитывает влияние на потребляемую мощность при корчевании пней ротором на участках с минеральной почвой физико-механических свойств корневой древесины и почвы ($\sigma_{\text{л}}$, σ_{\perp} , σ_{\parallel} , $\sigma_{\text{п.п}}$, $\sigma'_{\text{ф}}$), размеров корней и их числа в почве ($d_{\text{ф}}$, M/S), режимов корчевания (ω , λ). Результаты экспериментальной проверки уравнения (14) приведены в табл. 1 (в расчетах принимались следующие основные значения, входящие в формулу (14): $K = 10^4$ Н/см², $\delta = 65$ Н/см, $t_{\text{л}} = 0,4$ см, $\sigma_{\perp} = 600$ Н/см², $\sigma_{\parallel} = 500$ Н/см², $\angle \alpha = 30^\circ$, $\angle \varphi = 23^\circ$, $\sigma_{\text{п.п}} = 1500$ Н/см², $r = 40$ см; $n_{\text{к}} = 2$; $\omega = 1,8$ рад/с, $z = 2$).

Из табл. 1 видно, что при уровне значимости 0,05 [4] теоретические и экспериментальные данные согласуются, так как значения потребляемой мощности в зависимости от диаметров корней, рассчитанные с помощью ЭЦВМ и полученные экспериментально, лежат внутри доверительного интервала.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что лучшее качество выборки корней из почвы достигается при затупленном лезвии клыка.

При этом основная масса корчей не перерезается лезвием, а разрывается от растяжения в местах наименьших сечений, глубина расположения которых значительно превышает радиус окружности корчевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. В а в и л о в А.В. Технология корчевания и подбора кустарника. — Техника в сельском хозяйстве, 1980, № 2, с. 24—25.
2. В а г и н А.Т. О физической сущности резания волокнистых материалов. — В кн.: Вопросы земледельческой механики. Т. IX. М.: Сельхозгиз, 1963, с. 229—246.
3. Г а с и н ь ш Л.П. Исследования о сопротивлении корней деревьев резанию. — В кн.: Тр. Латвийской СХА, вып. XI. Рига, 1962, с. 365—383.
4. Р о к и ц к и й П.Ф. Биологическая статистика. — Минск: Выш. шк., 1973. — 320 с.

УДК 630.305(470.54)

Г.А.ПРЕШКИН, Ю.В.ЛЕБЕДЕВ,
канд-ты техн.наук (УЛТИ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ ЛИНИЙ

Попородная сортировка хлыстов с целью последующей их переработки на ограниченное число сортиментов позволяет сократить не только удельные эксплуатационные затраты, но и добиться высокого качества и выхода круглых лесоматериалов [1, 2, 8] .

На начальном этапе специализация технологических линий уже позволяет сократить число выпиливаемых деловых сортиментов из хлыстов с 17—21 до 7—13 наименований. Добиться еще более узкой специализации нижних складов возможно путем перераспределения сортиментных заданий среди леспромхозов объединения с учетом таксационных показателей их лесосечного фонда и других природно-производственных условий [4] . В этом случае значительно уменьшается грузовая работа подъемно-транспортных машин на внутрискладских операциях без снижения общего объема переработки хлыстов [4] .

Хронометражные наблюдения за работой раскряжевочных линий специализируемых лесных складов проводились в течение 15 смен. За этот период было раскряжевано 2414 хлыстов, достаточно однородных по товарности и породному составу.

На неспециализированных раскряжевочных линиях (РЛ), как показывают результаты исследований, простои из-за сложностей с сортировкой бревен составляют 16—19 % от общего рабочего времени [3, 5] . На специализированных РЛ предприятий ВЛЮ "Свердлеспром" максимальные потери по аналогичной причине не превышали 8—12 % [6] . Снижение длительности простоев объясняется упрощением технологии раскряжевки хлыстов и сортировки бревен, лучшим использованием кранов из-за укорочения фронта штабелевки и отгрузки сортиментов. Так, на обследованных специализированных линиях Гороблагодатского ЛПХ простои из-за сортировки бревен не превышали 2,5—8,8 %.

Известно, что на производительность раскряжевочных установок (РУ) наи-