

5. *Полуян А.Г., Полуян В.А.* Резервы повышения качества ремонта двигателей ЯМЗ-240 // Техника в с. х. – 2001. – № 4. – С. 37–38.
6. *Торопыгин С. И., Вернигора Е.И.* Исследование технического ресурса двигателей типа «А» в условиях рядовой эксплуатации Восточной Сибири // Повышение эффективности использования и ремонта сельскохозяйственной техники. – Иркутск, 1981. – С. 20–23.
7. *Халфин М.А.* Качество и надежность новой и отремонтированной сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. – 1998. – № 5.



УДК 634.023.1

Е.В. Палкин, В.Н. Курицын

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ЦЕПОВОЙ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ

В статье представлен анализ энергетических затрат при продольном взаимодействии цепового рабочего органа с лесоматериалом в процессе окорки. Полученные в результате исследования математические зависимости свидетельствуют, что окорка цеповым способом более эффективна при попутной подаче лесоматериала по сравнению с встречной подачей.

Ключевые слова: окорка лесоматериала, цеповой орган, кора, удельная работа, анализ энергетических затрат.

E.V. Palkin, V.N. Kuritsyn

THE ENERGY COST ANALYSIS IN THE TIMBER FLAIL DEBARKING PROCESS

The energy cost analysis in the longitudinal interaction of flail working body with timber in the debarking process is presented in the article. The mathematical relationships received in the research indicate to the fact that the flail debarking process is more efficient at the passing timber supply in comparison with the counter supply.

Key words: timber debarking, flail body, bark, specific work, energy cost analysis.

Введение. Успешное развитие лесопромышленного комплекса России возможно только на основе рационального лесопользования и новых технологий глубокой переработки древесины, что является залогом эффективности и конкурентоспособности производства. В настоящее время с целью комплексной переработки древесины, соответствующей мировым стандартам, и наиболее полного освоения лесных ресурсов реализуются различные инвестиционные проекты. В своем большинстве данные проекты включают в себя лесоперерабатывающие и целлюлозные производства. Одной из важных технологических операций этих производств является качественная окорка круглых лесоматериалов.

Состояние вопроса. Окорка лесоматериалов является одной из наиболее трудоемких операций при обработке и первичной переработке круглых лесоматериалов. Окорка улучшает эффективность использования оборудования, экономит электроэнергию, повышает культуру производства, улучшает обзор и оценку боковой части ствола, способствует сушке древесины, защищает ее от поражений вредителями. Окорка дает возможность использовать отходы для производства чистой технологической щепы, высвободив и направив на другие цели значительное количество круглых лесоматериалов.

Разнообразные условия применения окорочного оборудования заставляют разработчиков искать новые конструктивные решения по поиску эффективных способов окорки.

В последние годы появился принципиально новый способ окорки – воздействие на кору вращающимися отрезками цепей – цепями, закрепленными в определенном порядке по образующей на поверхности приводного вала [1]. По сей день процесс цеповой окорки является малоизученным и характеризуется отсутствием теоретических источников в исследовании данного вопроса. Это вынуждает проводить собственные исследования

с целью конкретизации и оптимизации технических параметров процесса цеповой окорки.

Анализ продольного взаимодействия цепы с лесоматериалом

Процесс цеповой окорки принципиально отличается от других известных способов. Так, при фрезерной окорке кора срезается ножами, и определяющим фактором в этом процессе является сопротивление коры перерезанию поперек волокон. При фрикционной окорке главным является предел прочности на скалывание коры вдоль волокон или по камбиальному слою (в идеальном случае). При цеповой же окорке кора разрушается в результате воздействия на нее в нормальном направлении ударной силы. Определяющим в этом случае является уже предел прочности коры на сжатие поперек волокон.

В настоящее время изучение процессов, происходящих при цеповой окорке древесины, производится путем рассмотрения возникающих при этом сил и их воздействия на обрабатываемый предмет [2]. Этот путь представляется не очень удачным. Эти силы действуют очень малое время, определить которое практически невозможно, следовательно, невозможно определить и величину этих динамических сил. Поэтому приходится ограничиваться общими теоретическими выкладками, а для получения практических рекомендаций проводить экспериментальные исследования. Мы предлагаем другой путь – исследовать не действующие силы, а затраты энергии, определить которые и аналитически, и практически значительно проще.

Составим расчетную схему взаимодействия цепы с поверхностью обрабатываемого объекта (рис. 1). Для упрощения представим цеп как набор точечных масс m , соединенных между собой с шагом t невесомыми нитями и вращающимися с угловой скоростью ω . Расстояние от центра крайнего звена до оси вращения R_1 ; расстояние от центра следующего звена до оси вращения R_2 и т.д.; $R_1 - R_2 = t$; h – расстояние от центра вала до обрабатываемой поверхности.

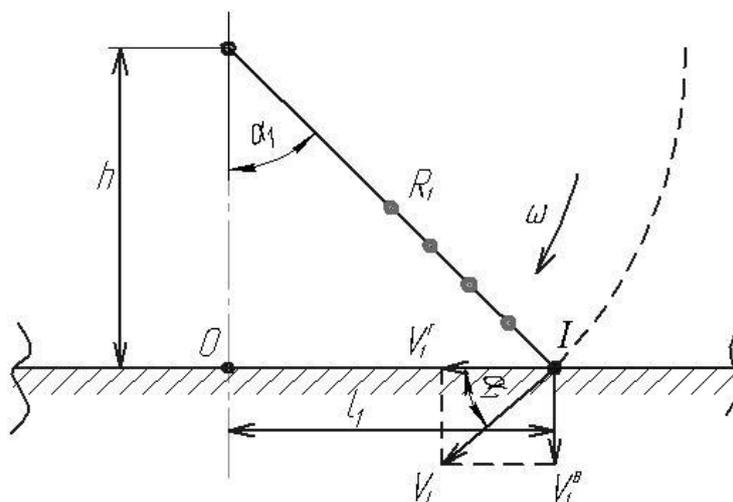


Рис. 1. Момент касания первого звена

Сначала рассмотрим случай, когда обрабатываемая поверхность неподвижна, т.е. движения подачи нет.

Линейная скорость первого звена $V_1 = \omega R_1$. В момент контакта с обрабатываемой поверхностью она направлена под углом α_1 к ней. Вертикальная составляющая V_1^a вызовет удар по нормали и практически мгновенно упадет до нуля, а с горизонтальной составляющей V_1^r масса m будет продолжать движение по поверхности.

Величина $V_1^a = V_1 \sin \alpha_1 = \omega R_1 \sin \alpha_1$. Кинетическая энергия удара $E = \frac{m}{2} \omega^2 R_1^2 \sin^2 \alpha_1$. На разрушение материала поверхности (т.е. коры) пойдет только часть этой энергии, равная $1-k$, где k – коэффициент восстановления [3,4], т.е. энергия разрушения $E_1^p = \frac{m}{2} \omega^2 R_1^2 \sin^2 \alpha_1 (1-k)$. Остаток энергии – это энергия упругости контакта, вызывающая отскок массы в обратном направлении со скоростью $V_1^a k$. Будет

ли отскок фактически присутствовать или он погасится составляющей от центробежной силы, зависит от конкретных условий (величин m , ω , состояния поверхности и т.п.). Главное, что эта доля энергии на разрушение поверхности уже не пойдет.

Рассмотрим момент касания второго звена (рис. 2).

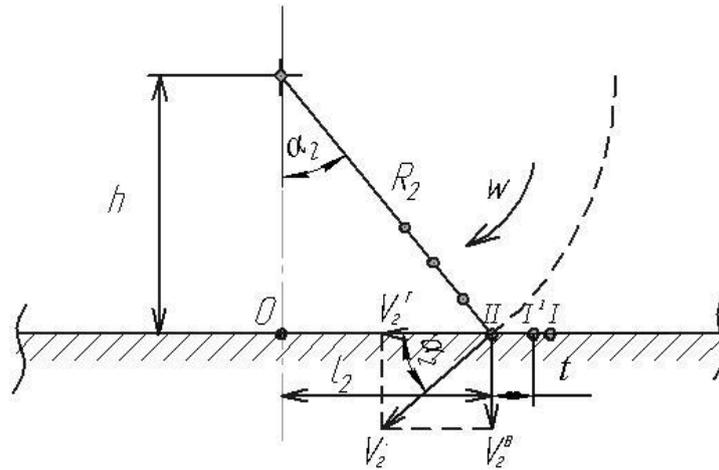


Рис. 2. Момент касания второго звена

Точка контакта первого звена с поверхностью I находится на расстоянии $l_1 = R_1 \sin \alpha_1$ от вертикали, проходящей через центр вала. Аналогично точка касания второго звена (II) будет находиться на расстоянии $l_2 = R_2 \sin \alpha_2$. Масса первого звена за этот промежуток времени переместится по поверхности объекта из точки I в точку I' на расстояние $l_1 - l_2 - t$ (т.е. $R_1 \sin \alpha_1 - R_2 \sin \alpha_2 - t$), совершая работу трения.

Кинетическая энергия разрушения – вторым звеном будет $E_2^P = \frac{m}{2} \left(R_2 \sin \alpha_2 \right)^2 (1 - k)$. Эта величина меньше, чем E_1^P , так как $R_2 < R_1$ и $\alpha_2 < \alpha_1$.

Рассуждая аналогичным образом, приходим к выводу, что за один оборот вала цепи будет нанесен ряд ударов уменьшающейся силы от максимума в точке (I) до нуля в точке под осью вала. Общая энергия разрушения составит: $E^P = \frac{m\omega^2}{2} (1 - k) \sum_{i=1}^{i=n} R_i \cdot \sin^2 \alpha_i$, где n – количество звеньев, участвующих в контакте (в целых числах); $n = \frac{R_i - h}{t}$.

Расстояние между точками ударов также уменьшается. Если $l_1^2 = R_1^2 - h^2$, а $l_2^2 = (R_1 - t)^2 - h^2$, то $l_1^2 - l_2^2 = 2Rt - t^2$ (выкладки опустим) $l_2^2 - l_3^2 = 2Rt - 3t^2$; $l_3^2 - l_4^2 = 2Rt - 5t^2$ и так далее.

Горизонтальная составляющая линейной скорости первого звена в точке (I) $V_1^T = \omega R_1 \cdot \cos \alpha_1$, а в точке O, находящейся под осью вращения, $V_n^T = \omega h$. Если учесть, что $h = R_1 \cdot \cos \alpha_1$, то получится, что эти скорости равны. Отсюда следует вывод, что все звенья цепи, вступающие в контакт с обрабатываемой поверхностью, двигаются по ней с одинаковой скоростью V^T , равной ωh .

В отсутствии скорости надвигания при следующем обороте звенья цепи ударят по тем же самым местам. При наличии скорости подачи (надвигания) u удар будет происходить с некоторым сдвигом e относительно предыдущих точек. Величину этого сдвига (назовем ее шагом удара) можно определить из основного кинематического соотношения $\frac{u}{V^T} = \frac{e \cdot i}{2\pi R}$, где i – количество рядов цепов на валу. Откуда $e = \frac{2\pi R \cdot u}{i \cdot V^T}$. Все величины в этой формуле, кроме R , постоянные. Следовательно, величина сдвига зависит только от

радиуса. Максимальный сдвиг точек удара будет у первого звена, минимальный – у n -го.

Разрушение коры от ударов звеньев цепи будет происходить только в первой половине общей зоны контакта от точки I до точки O (см. рис. 1). Звено цепи, потеряв в результате удара свою кинетическую энергию, остается как бы свободно лежащим на поверхности, по которой и перемещается. Сила трения при перемещении звена массой m равна $mg\mu$, где μ – коэффициент трения металла звена по древесине (или коре). Энергия на горизонтальное перемещение первого звена равна $mg\mu \cdot 2l_1$, второго звена – $mg\mu \cdot 2l_2$ и так далее. Общая энергия на перемещение цепи по обрабатываемой поверхности за один оборот вала

$$E^{\Pi} = 2mg\mu \sum_{i=1}^{i=n} l_i. \text{ По абсолютной величине эта энергия значительно меньше, чем } E^P.$$

Контактирование рабочего органа цепи с обрабатываемой поверхностью может быть, как и при фрезеровании, либо попутным, либо встречным. Рассмотрим это подробнее. При попутном контактировании (рис. 3) удар происходит по краю слоя коры рядом с уже освобожденным от нее пространством.

D разложится на вертикальную и горизонтальную составляющие.

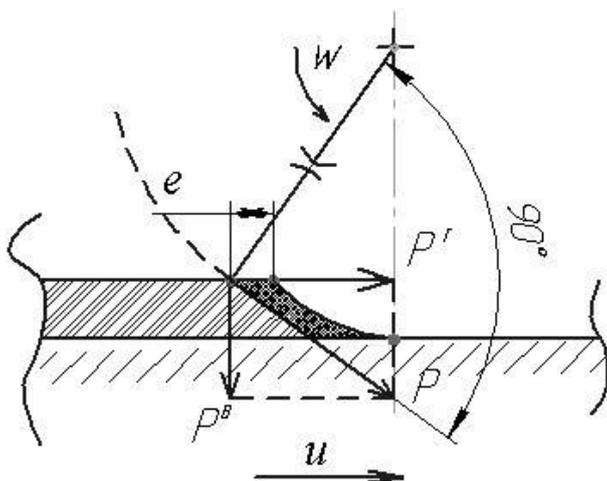


Рис. 3. Попутное контактирование

Разрушенная силой P^b кора будет выброшена силой P^r на свободное пространство и никакого участия в дальнейшем процессе не примет.

При встречном контактировании (рис. 4) разрушенная кора силой P^r как бы впрессовывается в еще неразрушенный массив, увеличивая тем самым общие затраты энергии на совершение процесса окорки.

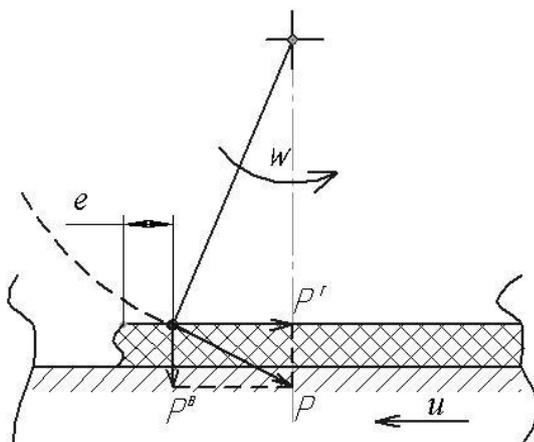


Рис. 4. Встречное контактирование

Следовательно, с точки зрения энергетики встречный процесс менее предпочтителен, чем попутный. Произведенные нами экспериментальные исследования [1] показали, что действительно во всех случаях удельная работа при встречном цеповом окоривании в среднем на 25,7% больше, чем при попутном. Это очень важный вывод из наших теоретических и экспериментальных исследований, который нужно учитывать при создании промышленных установок.

Экспериментальная часть

Оценим энергетику процесса цеповой окорки древесины. Исходные условия: порода – ель; угловая скорость вращения – 104,7 рад/с; скорость надвигания – 1 м/с; масса одного звена цепи 15 г; шаг цепи – 19 мм; максимальный радиус – 0,5 м; расстояние от оси вала до обрабатываемой поверхности – 0,4 м; количество цепов на валу – 2.

Тогда количество звеньев, участвующих в процессе (4):

$$n = \frac{500 - 400}{19} = 5,26, \text{ т.е. } - 6 \text{ звеньев,}$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{h}{R_1} = \arccos \frac{0,4}{0,5} \approx 37^\circ, \quad \alpha_2 = \arccos \frac{0,4}{0,48} \approx 33,5^\circ,$$

$$\alpha_3 = \arccos \frac{0,4}{0,452} \approx 30^\circ, \quad \alpha_4 = \arccos \frac{0,4}{0,443} \approx 25,5^\circ,$$

$$\alpha_5 = \arccos \frac{0,4}{0,424} \approx 19,5^\circ, \quad \alpha_6 \approx 9^\circ.$$

Кинетическая энергия удара первого звена

$$E_1 = \frac{m}{2} \omega R_1 \sin \alpha_1^2 = \frac{0,015}{2} 104,7 \cdot 0,5 \cdot 0,6^2 = 7,399 \text{ Дж.}$$

$$\text{Соответственно } E_2 = \frac{0,015}{2} \langle 04,7 \cdot 0,481 \cdot 0,5554 \rangle = 5,868 \text{ Дж.}$$

$$E_3 = \frac{0,015}{2} \langle 04,7 \cdot 0,462 \cdot 0,5004 \rangle = 4,394 \text{ Дж.}$$

$$E_4 = \frac{0,015}{2} \langle 04,7 \cdot 0,443 \cdot 0,4298 \rangle = 2,981 \text{ Дж.}$$

$$E_5 = \frac{0,015}{2} \langle 04,7 \cdot 0,424 \cdot 0,3317 \rangle = 1,626 \text{ Дж.}$$

$$E_6 = \frac{0,015}{2} \langle 04,7 \cdot 0,405 \cdot 0,1566 \rangle = 0,331 \text{ Дж.}$$

Общая энергия удара цепи $E = 22,559$ Дж. Учитывая, что величина коэффициента восстановления для пары «сталь–древесина, покрытая корой» равна 0,439 [4], энергия разрушения $E^p = 22,559 \langle -0,439 \rangle = 12,678$ Дж.

Проведенными нами экспериментальными исследованиями [1] установлено, что удельная работа окоривания ели при линейной скорости 47,1 м/с и скорости надвигания 0,88 м/с равна 2,87 МДж/м³, или 2,87 Дж/см³. Условия нашей задачи весьма близки ($V = 52$ м/с и $u = 1$ м/с), поэтому подсчитанного количества энергии достаточно, чтобы разрушить $12,678/2,87=4,4$ см³ коры за один удар. Длина участка активного контакта (т.е. подвергающегося ударам) $l_1 = R_1 \sin \alpha_1 = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3$ м.

Второй цеп ударит со смещением

$$e = \frac{2\pi R \cdot u}{i \cdot V^T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 1}{2 \cdot 41,88} = 0,037 \text{ м.}$$

Таким образом, второй цеп накроет 3,7 см нетронутого еще участка коры, а 26,3 см пройдет по ранее обработанному. Всего над каждой точкой окоряемой поверхности звенья цепи пройдут 8 раз, что вполне достаточно и для разрушения коры, и для удаления продуктов разрушения.

Выводы

1. Процесс цеповой окорки принципиально отличается от других известных способов. Кора разрушается воздействием на нее в нормальном направлении ударной силой. Определяющим в этом случае является уже предел прочности коры на сжатие поперек волокон.

2. Произведенные экспериментальные исследования [1] показали, что удельная работа при встречной подаче в среднем на 25,7% больше, чем при попутной.

Литература

1. Палкин Е.В., Курицын В.Н. Результаты исследования цеповой окорки с промышленными скоростями подачи // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – Вып. 10. – С. 152–155.
2. Крисько А.С. Повышение эффективности процесса окорки пиленых лесоматериалов гибкими рабочими органами: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.21.01. – Красноярск, 2003. – 20 с.
3. Курицын В.Н., Гришин К.М., Коробкин А.В. Экспериментальное определение коэффициента восстановления // Проблемы химико-лесного комплекса: сб. ст. – Красноярск: Изд-во КГТА, 1997. – Ч. 1. – С. 173–177.
4. Курицын В.Н., Лозовой В.А. Основы расчета лесозаготовительного оборудования: метод. пособие. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2005. – Ч. 2. – 44 с.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ

Дано обоснование интервалов и способов регулирования эксплуатационных параметров тракторов для адаптации к природно-производственным условиям основной обработки почвы.

Ключевые слова: технология обработки почвы, производительность агрегата, массоэнергетические параметры трактора, интервалы и способы регулирования.

N.I. Selivanov

REGULATION OF TRACTOR OPERATIONAL PARAMETERS

The substantiation of intervals and regulation ways of tractor operational parameters for the adaptation to natural-production conditions of the soil main processing is given.

Key words: soil processing technology, aggregate productivity, tractor mass and energy parameters, intervals and regulation ways.

Введение. Результаты системной оптимизации и экспериментальных исследований показывают необходимость дифференциации эксплуатационной мощности и массы тракторов общего назначения для повышения энергетической и топливной эффективности их использования в различных природно-производственных условиях. При принятии решения о выборе трактора для основной обработки почвы следует учитывать не только мощность, но и характеристику двигателя, а также эксплуатационную массу, определяющие его тяговый класс и уровень энергонасыщенности для эффективного агрегатирования.

Адаптация тракторов к природным условиям (длина гона) и разным технологическим процессам об-