

мых сучков. На рисунке показаны также границы доверительного интервала (прерывистые линии) для среднего значения фактического выхода. Поскольку при $N = 1$ распределение длин бездефектных участков не является экспоненциальным, выход для этого случая рассчитывали по формуле:

$$K_v = \frac{L [2\Delta L + L_3 (M - 1)]}{(L + \Delta L)^2}, \quad (17)$$

где M — общее количество заготовок, которые можно получить из пиломатериалов длиной L ;

ΔL — некратный остаток длины пиломатериалов.

Выход заготовок при $N = 2$ определяли путем линейной интерполяции для значений выхода при $N = 1$ и $N = 3$.

Как видно из рисунка, предлагаемый метод дает достаточно хорошие результаты и может быть использован для практических расчетов по определению выхода заготовок при поперечном способе раскря. При этом, разумеется, необходимо учитывать погрешность, связанную с наличием других (помимо пластевых сучков) сортообразующих пороков, а также уменьшение фактического выхода за счет базирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вентцель Е. С. Исследование операций.— М.: Советское радио, 1972.— 552 с. [2] Дудко Н. В. Исследование оптимизации раскря сосновых пиломатериалов на заготовки с применением математических методов вычислительной техники: Автореф дис. . . канд. техн. наук.— Л., 1975.— 19 с. [3]. Кожевников И. П. Качество древесного сырья и выход заготовок.— М.: Лесн. пром-сть, 1971, № 12, с. 12. [4]. Пятков В. Е. О влиянии размерно-качественных характеристик пиломатериалов и заготовок на выход бездефектных отрезков.— В кн.: Технология и материалы деревообрабатывающих производств: Науч. тр. М.: МЛТИ, 1982, вып. 140, с. 91—92.

Поступила 13 апреля 1984 г.

УДК 621.914.1.001.24

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ БРЕВЕН ТОРЦОВЫМИ ФРЕЗАМИ

Н. И. ТИМОФЕЕВ

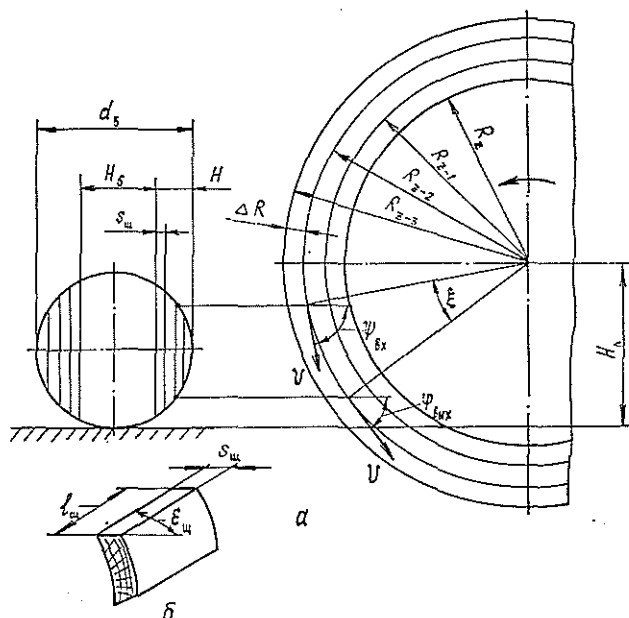
Таджикский сельскохозяйственный институт

При проектировании брусующих и фрезернопильных станков требуется определять мощность, необходимую для превращения сбеговой части бревна в щепу. Приводимые в работах [1, 2] сведения по данному вопросу основаны на испытаниях конкретных промышленных моделей брусующих машин и не имеют общего характера, что не позволяет использовать эти данные для любой конструкции машины. К тому же, в работе [1] дана методика расчета мощности для случая, когда бревно при обработке проходит через ось (центр) фрезы. На практике же бревно, как правило, проходит ниже оси фрезы, что более благоприятно для условий срезания щепы, но и определенным образом отражается на энергозатратах.

Мощность на фрезерование можно рассчитать двумя методами: по касательной силе резания и длине дуг контакта и по удельным энергозатратам при фрезеровании. Процесс фрезерования бревен торцовыми фрезами и геометрия инструмента рассмотрены нами ранее [4, 5].

Расчетная схема для первого метода приведена на рисунке, где введены следующие обозначения:

d_6 — диаметр бревна в данном сечении, мм;



а — схема для расчета длины дуг; б — вид срезаемой щепы.

- H_6 — высота получаемого бруса, мм;
- $s_{щ}, l_{щ}, \epsilon_{щ}$ — параметры щепы, соответственно толщина, длина, угол среза;
- R_z, R_{z-1}, \dots, R_1 — радиусы резания ножей с порядковыми номерами $z, (z-1), (z-2)$ и т. д., начиная с крайнего наружного ножа в спирали;
- ΔR — сдвиг ножей по радиусу относительно друг друга;
- $H_л$ — расстояние от оси фрезы до опорного лотка;
- $\psi_{вх}, \psi_{ср}, \psi_{вых}$ — углы встречи вектора скорости резания ножа с направлением волокон (подачи) соответственно в начале дуги контакта (на входе), в средней точке и в конце дуги (на выходе);
- ξ — угол дуги контакта ножа с бревном.

В связи с особенностями геометрии фрез (ножи расположены по пространственным спиралям) каждый нож имеет свой радиус резания: $R_z, R_{z-1} = (R_z + \Delta R), R_{z-2} = (R_z + 2\Delta R), R_{z-3} = (R_z + 3\Delta R)$ и т. д.

Каждый нож в процессе работы как бы формирует «свой» брус высотой соответственно $H_{6,z} = H_6, H_{6,z-1} = (H_6 + 2s_{щ}), H_{6,z-2} = (H_6 + 4s_{щ}), H_{6,z-3} = (H_6 + 6s_{щ})$ и т. д.

При расчетах пренебрегаем циклоидальностью относительных траекторий ножа в древесине.

Метод расчета по касательной силе резания

1. Толщина слоя древесины, измельчаемого одной фрезой,

$$H = \frac{d_6 - H_6}{2} \quad (1)$$

меняется по длине бревна из-за его сбежистости.

2. Количество рабочих ножей при обработке бревна

$$z_p = \frac{H}{s_{ш}}. \quad (2)$$

В работе принимают участие ножи с порядковыми номерами z , $(z-1)$, $(z-2)$, $(z-3)$, ..., $(z-z_p+1)$.

3. Углы встречи для данного ножа, рад

$$\psi_{вх, i} = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{2H_{л} - d_6 - \sqrt{d_6^2 - H_{6, i}^2}}{2R_i}; \quad (3)$$

$$\psi_{вых, i} = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{2H_{л} - d_6 + \sqrt{d_6^2 - H_{6, i}^2}}{2R_i}; \quad (4)$$

$$\psi_{ср, i} = \arccos \frac{2H_{л} - d_6}{2R_i}. \quad (5)$$

Здесь $H_{6, i}$ и R_i — высота бруса и радиус резания, характерные для i -того ножа.

4. Угол дуги контакта данного ножа с бревном

$$\xi_i = \psi_{вх, i} - \psi_{вых, i}. \quad (6)$$

5. Касательная сила резания F_t , Н, с учетом режима фрезерования может быть принята по [3, 5].

Расчетная зависимость получена после обработки данных экспериментов, проведенных на лабораторной установке при срезании щепы одиночным ножом:

$$F_t = 382K_l K_s K_\delta K_\alpha K_\psi K_\varphi K_w K_n K_p, \quad (7)$$

где $K_l, K_s, K_\delta, \dots, K_p$ — коэффициенты, учитывающие соответственно длину и толщину щепы, угол резания, задний угол, угол встречи, угол наклона, влажность древесины, породу и остроту резца. При этом K_ψ принимают для угла $\psi = \psi_{ср, i}$.

6. Окружное (условное) усилие на каждом рабочем ноже

$$\left. \begin{aligned} F_z &= F_{t, z} \frac{\xi_z K}{2\pi}; \\ F_{z-1} &= F_{t, z-1} \frac{\xi_{z-1} K}{2\pi}; \\ F_{z-2} &= F_{t, z-2} \frac{\xi_{z-2} K}{2\pi} \text{ и т. д.,} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где K — число ножевых спиралей на фрезе.

7. Момент (средний) на фрезе от силы каждого рабочего ножа

$$\left. \begin{aligned} M_z &= F_z R_z; \\ M_{z-1} &= F_{z-1} R_{z-1}; \\ M_{z-2} &= F_{z-2} R_{z-2} \text{ и т. д.} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Пункты 3—7 следует выполнять для всех рабочих ножей.

8. Полный крутящий момент на фрезе M_ϕ , Нм

$$M_\phi = M_z + M_{z-1} + M_{z-2} + \dots + M_{z-z_p+1}. \quad (10)$$

9. Мощность при фрезеровании P , кВт

$$P = \frac{M_{\phi} n_{\phi}}{9550}, \quad (11)$$

где n_{ϕ} — частота вращения фрезы, об/мин.

Расчет несколько упрощается, если пренебречь различием касательной силы резания на отдельных ножах. Можно принять некоторую среднюю силу F_t одинаковой для всех ножей с учетом среднего угла встречи для всей фрезы в целом

$$\psi_{\text{ср}} = \arccos \frac{2H_n - d_6}{2R_3}, \quad (12)$$

где R_3 — эквивалентный радиус резания.

$$R_3 = \frac{R_z \xi_z + R_{z-1} \xi_{z-1} + R_{z-2} \xi_{z-2} + \dots + R_{z-z_p+1} \xi_{z-z_p+1}}{\xi_z + \xi_{z-1} + \xi_{z-2} + \dots + \xi_{z-z_p+1}},$$

тогда окружное (условное) усилие на фрезе

$$F_{0\text{ср}} = \frac{F_t K}{2\pi} (\xi_z + \xi_{z-1} + \xi_{z-2} + \dots + \xi_{z-z_p+1}). \quad (13)$$

Полный крутящий момент на фрезе

$$M_{\phi} = F_{0\text{ср}} R_3. \quad (14)$$

Если какая-то часть пласти бруса проходит выше оси фрезы, то угол $\psi_{\text{вх}}$ будет превышать 90° . Это может иметь место для отдельных ножей, если для них справедливо условие:

$$H_n < 0,5 (d_6 + \sqrt{d_6^2 - H_{6,i}^2}).$$

Тогда угол $\psi_{\text{вх}}$, рад, можно определить по формуле

$$\psi_{\text{вх}} = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{2H_n - d_6 - \sqrt{d_6^2 - H_{6,i}^2}}{2R_i}. \quad (15)$$

Этот метод расчета предусматривает анализ движения каждого ножа, участвующего в работе, и рекомендуется при небольшом числе рабочих ножей.

Метод расчета по удельным энергозатратам

1. Момент на фрезе M_{ϕ} , Нм

$$M_{\phi} = 15,9 \cdot 10^{-5} a A u_{\text{об}}, \quad (16)$$

где a — удельная работа фрезерования (резания), Дж/см³;
 A — площадь поперечного сечения измельчаемого слоя одной фрезой, мм²;

$u_{\text{об}}$ — подача бревна на один оборот фрезы, мм.

2. Мощность на фрезерование P , кВт

$$P = 16,7 \cdot 10^{-9} a A u_{\text{об}} n_{\phi}. \quad (17)$$

В данных условиях удельную работу фрезерования (резания) принимают по экспериментальным показателям. Приблизительно ее можно определить по зависимости

$$a = \frac{F_t}{s_{\text{ш}} l_{\text{ш}} \sin \psi_{\text{ср}}}. \quad (18)$$

Силу F_t определяют с учетом среднего угла встречи ψ_{cp} для всей поверхности среза на бревне. Угол ψ_{cp} вычисляют по формуле (12), где можно принять:

$$R_s = R_{cp} = R_z + 0,4H \operatorname{ctg} \varphi_n. \quad (19)$$

Здесь φ_n — угол наклона ножа; $\varphi_n = \varepsilon_{ш}$.

Если бревно при обработке проходит через центр фрезы, то значение a рекомендуют принимать как среднее из трех значений, полученных при $\psi_{вх}$, $\psi_{вых}$, ψ_{cp} для условного ножа, имеющего радиус R_{cp} .

$$A = 0,25 \left(a_6^2 \operatorname{arccos} \frac{H_6}{a_6} - H_6 \sqrt{a_6^2 - H_6^2} \right); \quad (20)$$

$$u_{об} = l_{ш} K.$$

Следует отметить, что в этих методах расчета значения F_t или a принимают на основании экспериментальных данных. Но в зависимости от методики эксперимента эти значения могут быть или «чистой» силой, или «чистой» удельной работой резания, или включать в себя дополнительные сопротивления при фрезеровании: на сообщение срезанной щепе кинетической энергии при выбросе, сопротивления от различных видов трения щепы и бревна о фрезу и др. Поэтому в случае необходимости при расчете моментов и мощностей дополнительные сопротивления учитывают введением специальных поправочных коэффициентов. $K_d = 1,1—1,3$, большие значения которых соответствуют обработке тонких бревен и возможности их самозатягивания в машину при подаче.

Опыт показывает, что расчеты по приведенным методикам дают результаты, близкие к фактическим данным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков Е. М., Шестаков В. В. Определение мощности фрезерования бревен торцово-коническими фрезами. — В. кн.: Машины и инструменты деревообрабатывающих производств. Л.: ЛТА, 1981, вып. 8, с. 42—44. [2]. Кадури И. Исследоване на някои енергетични показатели при преработване на иглолистни трупи с фрезерно-призмичащи машини: Науч. тр./ Н.-и. проект. конструкт. и технолог. ин-т дървообработ. промыш.—София, 1980, № 6, с. 45—52. [3]. Тимофеев Н. И. Дисковые фрезы для окантовки бревен с получением технологической щепы: Тез. докл. к науч.-техн. совещанию молодых специалистов отрасли по производству деревообрабатывающего оборудования. — М.: ВНИИДМАШ, 1969, с. 10—24. [4]. Тимофеев Н. И. Геометрия дисковых фрез для окантовки бревен. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1971, № 4, с. 67—71. [5]. Тимофеев Н. И. Исследование инструмента дискового типа для получения технологической щепы при окантовке бревен фрезерованием: Дис. . . канд. техн. наук. — Львов, 1971. — 182 с.

Поступила 3 мая 1984 г.

УДК 62-493 : 630*363.7

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЩЕПЫ В ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ БОКОВОМ ЕЕ УДАЛЕНИИ ИЗ ДИСКОВОЙ РУБИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Л. Г. НЕВЗОРОВА, Э. М. ЛАУТНЕР

Архангельский лесотехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия

В деревообрабатывающей и лесной промышленности, наряду с дисковыми рубительными машинами с верхним или нижним удалением щепы, начали эксплуатироваться машины с боковым удалением щепы. Основная особенность их — удаление щепы через боковой щепопровод