

УДК 621. 941: 216. 01  
674. 054. 055

### *А.В. Сергеевичев, А.Ю. Волков*

Сергеевичев Александр Владимирович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и инструментов деревообрабатывающих производств СПб ГЛТА. Имеет более 10 печатных трудов в области технологии и механики древесных материалов.



Волков Андрей Юрьевич родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Ленинградский энергомашиностроительный институт, аспирант кафедры оборудования и инструментов деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 3 научные статьи в области технологии и механики древесных материалов.



## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН И ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ**

Установлены факторы, влияющие на точность оцилиндровки бревен на роторном позиционном станке, а также статические и динамические усилия, возникающие в механизме резания.

*Ключевые слова:* роторные оцилиндровочные станки позиционного типа, случайные и систематические погрешности, точность оцилиндровки бревен, статические и динамические усилия.

Точность изготовления оцилиндрованных бревен на позиционном роторном станке определяется его геометрическими погрешностями. Точность характеризуется величиной отклонения контролируемых размеров и формы от заданных. Отклонения, в свою очередь, зависят от точности настройки станка. Последняя связана с большим числом факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемому бревну и режимам резания.

Отклонение размеров и формы бревна от заданных размеров называют погрешностью. Погрешности подразделяют на две группы: систематические и случайные.

Систематические – это погрешности, которые остаются постоянными в пределах обработки партии бревен или изменяются по определенному закону; к ним относят постоянные (погрешности в кинематике станка, неточности элементов и приспособлений, непараллельность направляющих, неточности в элементах базирования, настройки и регулирования и др.) и переменные (износ инструментов, направляющих и приспособлений, деформация элементов станка и приспособлений, температурные деформации трущихся элементов опорных узлов и др.).

Случайные – это погрешности, которые в период обработки партии бревен изменяются без определенной закономерности; они могут быть вызваны нестабильностью припусков на обработку, нестабильностью формы бревна, поступающего на обработку, ошибками базирования (центрирование) бревен при закреплении в центрах, неоднородностью свойств обрабатываемой древесины, различными проявлениями внутренних напряжений в материале бревна, нестабильностью режимов обработки (различные скорости подачи и резания) и др.

Погрешности суммируют с учетом следующих правил:  
систематические погрешности складывают алгебраически;  
систематическую и случайную погрешности складывают арифметически;

случайные погрешности складывают по следующему правилу:

$$\delta = \sqrt{(K_1\delta_1)^2 + (K_2\delta_2)^2 + \dots + (K_n\delta_n)^2}, \quad (1)$$

где  $\delta$  – суммарная погрешность;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – составляющие погрешности;

$K_1, K_2, \dots, K_n$  – коэффициенты, зависящие от вида кривых распределения составляющих погрешностей.

Если погрешности подчиняются одному и тому же закону  $K_1 = K_2 = \dots = K_n$ , то суммарную погрешность определяют по формуле

$$\delta = K\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}. \quad (2)$$

В большинстве случаев погрешности носят случайный характер и подчиняются закону нормального распределения [2].

К характерным случаям образования систематических погрешностей относят:

наличие непараллельности направляющих каретки ротора оси бревна; из-за этого возникает угол между осью бревна и осью вращения ротора;

наличие несоосности крепления бревна к торцам; между осью бревна и осью центров образуется угол перекоса;

наличие смещения оси бревна относительно оси центров; между осями бревна и центров возникает смещение, постоянное или переменное по длине бревна;

наличие перекоса бревна в центрах; оси бревна и центров пересекаются под углом.

Во всех отмеченных случаях обработки ось вращения ротора совпадает с осью центров. Отмеченные погрешности приводят к тому, что глубина обработки по длине бревна и радиусу при вращении и подаче ротора и инструментами не остается постоянной.

В отдельных случаях концевые зоны бревен могут оказаться не обработанными по сплошной цилиндрической поверхности. Непостоянство глубины резания приводит к изменению сил резания от  $P_{\min}$  до  $P_{\max}$  как за оборот ротора, так и по длине бревна, что в свою очередь является причиной

возникновения динамических нагрузок и колебаний в станке, а также потери работоспособности механизма резания и подачи.

К характерным случаям образования случайных погрешностей при оцилиндровке бревен на роторных позиционных станках относят:

наличие неровностей на наружной поверхности бревен; ось бревна не совпадает с осью вращения ротора и осью центров; высота неровностей – переменная по радиусам и длине бревен;

наличие продольной кривизны у бревен; ось бревна – кривая, не совпадающая с осью вращения ротора и центров; наружный и внутренний радиусы – по длине бревна непостоянны;

наличие выраженной конусности бревен, локальных природных пороков древесины (сучки, местные наплывы и утолщения, местные впадины, смоляные карманы и другие); высота, шаг неровностей и механические характеристики в бревнах непостоянны; оси бревна, вращения ротора и центров совпадают (но могут и не совпадать).

Отмеченные погрешности приводят к тому, что глубина резания по длине бревна и радиусу при вращении и подаче ротора изменяется по законам случайного распределения. Из-за переменного сечения среза стружек и изменчивости прочностных свойств древесины по длине бревен силы резания непостоянны. Изменение сил резания за оборот ротора и по длине бревен приводит к возникновению вынужденных колебаний в станке. Оцилиндровка бревен во многом определяется их жесткостью на изгиб и кручение. В процессе движения ротора по длине бревен изменяется их податливость: она меньше в зоне центров и больше в средней зоне. Для уменьшения прогиба бревен в станках используют подвижной люнет.

Механизм резания позиционного роторного станка для оцилиндровки бревен состоит из двигателя, ременной передачи и ротора с набором режущих инструментов. В механизме резания при обработке бревен, кроме статических, имеют место динамические усилия трех видов: возникающие в результате неравномерности рабочей нагрузки (усилий резания); возникающие из-за неравномерного движения его деталей (ошибки исполнения деталей, неуравновешенность деталей, неравномерный износ подшипников); возникающие при пуске и торможении.

Динамические усилия в механизме резания (привод) станка могут одновременно содержать две составляющие, вызванные как внешним динамическим усилием, так и внутренними причинами [1].

Современные исследователи рассматривают машины и механизмы как многомассовые упругие системы. При определении пусковых нагрузок обычно пользуются законом изменения скорости или избыточного момента двигателя при его разгоне. Однако это влечет за собой некоторую неточность результатов из-за того, что при разгоне двигателя возникает обратная связь: двигатель действует на систему привода механизма, а приводная система – на двигатель. В связи с этим закон не будет отражать действительного характера изменения отмеченных величин. При рассмотрении динамических

явлений в механизме резания (привод) оцилиндровочного станка целесообразно учитывать действительные пусковые характеристики двигателя [3].

Механическая характеристика короткозамкнутого асинхронного электродвигателя переменного тока при обычном исполнении ротора отличается существенной нелинейностью и рассчитана на машины, запускаемые вхолостую, так как пусковой момент  $M_{п}$  у них зачастую оказывается меньше момента сопротивления  $M_{с}$ . При запуске под нагрузкой используют асинхронные двигатели со специальным исполнением ротора, который обеспечивает значительные пусковые моменты ( $M_{п} > M_{с}$ ). У короткозамкнутых асинхронных двигателей момент в период разгона можно считать примерно равным среднеарифметической сумме пускового и максимального значений:

$$M_{р} = M_{ср} = \frac{M_{п} + M_{\max}}{2}. \quad (3)$$

Во время пуска и торможения механизма резания, а также при любом изменении скорости вращения ротора (при изменении сил резания в условиях переменной глубины резания) совершается работа сил инерции частей, движущихся с ускорением или замедлением. Работа сил инерции вращающихся частей при изменении скорости равна разности кинетических энергий:

$$A_g = I \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2}, \quad (4)$$

где  $I$  – момент инерции вращающегося ротора, н·м·с<sup>2</sup>;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости в начале и конце процесса изменения скорости вращающихся частей, с<sup>-1</sup>.

Если моменты инерции всех вращающихся частей привода заменить эквивалентным (приведенным) моментом инерции  $I_{пр}$ , то работу сил инерции можно определить по формуле

$$A_g = \frac{I_{пр} \omega^2}{2}, \quad (5)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения вала двигателя, с<sup>-1</sup>.

Применяя  $I_{пр}$ , можно определить динамическую мощность  $N_{д}$  по формуле

$$N_{д} = I_{пр} \omega \frac{d\omega}{dt}. \quad (6)$$

При пуске механизма резания расходуется мощность  $N_{п}$ , равная сумме динамической  $N_{д}$  и статической  $N_{с}$  мощностей:

$$N_{п} = N_{д} + N_{с}. \quad (7)$$

При торможении, когда скорость ротора изменяется от номинальной до нуля, расходуемая мощность равна разности этих мощностей:

$$N_{п} = N_{д} - N_{с}. \quad (8)$$

Динамический момент

$$M_d = \frac{N_d}{\omega} = \frac{I_{\text{пр}} \omega}{\omega} \frac{d\omega}{dt} = I_{\text{пр}} \frac{d\omega}{dt}. \quad (9)$$

Момент, развиваемый двигателем при пуске, равен сумме динамического и статического моментов:

$$M_{\text{п}} = M_d + M_c = I_{\text{пр}} \frac{d\omega}{dt} + M_c, \quad (10)$$

при торможении – разности моментов:

$$M_{\text{т}} = M_d - M_c = I_{\text{пр}} \frac{d\omega}{dt} - M_c. \quad (11)$$

Здесь  $M_{\text{т}}$  – статический момент двигателя, соответствующий статической мощности, потребляемой двигателем при неизменной скорости рабочего процесса резания. Одна часть статической мощности расходуется на обработку бревна резанием, другая – на преодоление сил трения в опорах валов, между воздухом и элементами ротора и передачи. Энергия, расходуемая на преодоление сил трения, преобразуется в теплоту.

Статический момент, может быть определен по следующей формуле:

$$M_c = 9750 \frac{N_c}{n}, \quad (12)$$

где  $N_c$  – статическая мощность двигателя, кВт;

$n$  – частота вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Точность оцилиндровки бревен на позиционном роторном станке зависит от факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемому бревну и режиму обработки.

2. Изменения сил резания за оборот ротора и по длине бревна из-за непостоянства сечения реза и механических свойств древесины приводят к возникновению прогиба бревен и вынужденных колебаний в станке. Для ликвидации влияния на точность обработки прогиба бревен следует в конструкции станков использовать подвижный люнет, т.е. подвижную дополнительную опору для бревен.

3. В механизме резания (подача) оцилиндровочного позиционного роторного станка при обработке бревен, кроме статических, возникают динамические усилия: от неравномерности усилия резания (рабочая нагрузка); от неравномерного движения деталей; при пуске и торможении двигателя привода.

4. При оценке динамических явлений в механизме резания (привод) оцилиндровочных станков следует учитывать действительные характеристики двигателя. Наличие сравнительно небольших масс в роторной группе оцилиндровочных позиционных станков позволяет широко использовать в приводе асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

5. Запуск и торможение асинхронного двигателя в механизме резания оцилиндровочного позиционного роторного станка следует производить

без рабочей нагрузки, т.е. при отсутствии резания. Это связано с тем, что при обычном исполнении характеристика короткозамкнутого асинхронного электродвигателя переменного тока отличается существенной нелинейностью, а его пусковой момент зачастую меньше момента сопротивления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кудинов, В.А.* Динамика станков [Текст] / В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 359с.
2. *Манжос, Ф.М.* Точность механической обработки древесины [Текст] / Ф.М. Манжос. – М.: ГЛБИ, 1959. – 262с.
3. *Михайлов О.П.* Динамика электромеханического привода металлорежущих станков [Текст] / О.П. Михайлов. – М.: Машиностроение, 1990. – 304с.

С.-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

Поступила 13.04.05

*A.V. Sergeevichev, A.Yu. Volkov*

#### **Production of Cylinderized Logs and Processing Accuracy**

The factors influencing the accuracy of logs' cylinderizing on the rotary positional machine are set as well as statistical and dynamic efforts occurring in the cutting mechanics.

---