

УДК 674.05.621.9.02

**С. С. Карпович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БНТУ);  
**С. Д. Латушкина**, кандидат технических наук, заведующая лабораторией  
(ГНУ ФТИ НАН Беларуси); **С. И. Карпович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**О. Ю. Пискунова**, инженер (БГТУ)

### СТАТИЧЕСКАЯ ЖЕСТКОСТЬ ПОЛОТЕН КРУГЛЫХ ПИЛ

В статье рассмотрена методика оценки деформируемости полотна круглых пил. Качество обработки зависит от характера деформируемости зубчатого венца круглых пил, лучшее качество обработки обеспечивают пилы, зубчатый венец которых не смещается в противоположных направлениях по периметру пилы под действием осевой нагрузки.

In the article the technique of an estimation of deformability of a cloth of round saws is considered. Quality of processing depends on character of deformability of a gear wreath of round saws, better quality of processing is provided with the saws which gear wreath isn't displaced in opposite directions on perimeter of a saw under the influence of axial loading.

**Введение.** Работоспособность круглых пил определяется многими параметрами, в том числе статической и динамической жесткостью полотен. Под статической жесткостью понимают отношение осевой нагрузки в районе зубчатого венца пилы к величине деформации. На практике проще всего определять статическую жесткость полотна пилы и по этому параметру судить о технологических возможностях инструмента.

**Основная часть.** *Методика измерения статической жесткости круглых пил.*

При определении жесткости круглых пил необходимо учитывать, что реальный пильный диск деформируется не только по радиус-вектору приложения поперечной силы, а и по всей поверхности диска.

Для определения связи между силовой нагрузкой и величиной деформации была смонтирована установка на базе шпинделя токарного станка 1К62. Этот узел изготавливают с максимально высокой точностью, что исключает случайные погрешности измерений. В кулачках токарного патрона фиксируется цилиндрический хвостовик узла, на котором между фланцами с помощью резьбового соединения закрепляется полотно пилы. На один из зубьев прикладывается нагрузка в осевом направлении и фиксируется величина его смещения с точностью, соответствующей цене деления лимба верхних салазок резцедержателя 0,05 мм. По периметру зубчатого венца установлены индикаторы часового типа (модель ИЧ 10МН, цена деления 0,01 мм, предел измерения по шкале 0–10 мм, допускаемая погрешность не более 4 мкм), с помощью которых фиксировалась деформация зубчатого венца в контрольных точках полупериметра пилы.

Опыты проводились в сравнительном плане. Рассматривались рабочие экземпляры дереворежущих пил, основные технологические возможности которых широко известны, а

именно серийные заводские пилы, чисторежущие, пилы для продольной распиловки фирмы «Leitz» и экспериментальные. Точки измерений деформации зубчатого венца выбирались из условия, чтобы охватить полупериметр пилы, с учетом особенностей конструкции зубчатого венца. В каждом конкретном случае приводится схема точек, где осуществлялись измерения. В пилах с радиальными прорезями в зубчатом венце величина деформации фиксировалась по вершинам зуба перед прорезью и сразу после прорези, чтобы выявить их влияние на деформируемость зубчатого венца пилы.

*Характеристика серийной пилы.* Измерения деформируемости зубчатого венца проводились на серийной заводской пиле Минского инструментального завода для продольной распиловки древесины диаметром 360 мм, толщиной полотна 2,2 мм, с числом зубьев 48, подготовленной к работе на предприятии «Минск-проектмебель».

Величина деформации зубчатого венца фиксировалась в точках 0,25 ПП, 0,5 ПП, 1 ПП. Полученная графическая зависимость приведена на рис. 1.

По вертикальной оси отложены значения задаваемого осевого смещения зубчатого венца с градацией: 0,25; 0,5; 0,75; 1,5 мм. По горизонтальной оси – вызванные осевые отклонения в точках 0,25 ПП (45°), 0,5 ПП (90°), 1 ПП (180°).

На удалении 0,25 ПП (45°) от точки приложения задаваемого смещения величина осевого отклонения зубьев в среднем уменьшается в 4 раза. Нулевое отклонение, т. е. мертвая точка «Н» находится на удалении  $\approx 0,45$  ПП при всех значениях задаваемого смещения в диапазоне от 0,25 до 1,5 мм. Дальше по полупериметру зафиксировано отклонение зубчатого венца в противоположном направлении, эта ситуация на графике показана в отрицательном диапазоне

значений оси  $y$ . В дальнейшем по мере приближения к противоположной точке полупериметра пилы (точка 1 ПП) величина отклонений имеет тенденцию к уменьшению и приближается к нулевому значению.

*Деформация зубчатого венца строгальной пилы.* Строгальная пила диаметром 310 мм, толщина полотна по режущему венцу  $t = 3,2$  мм, число зубьев 64.

Характер деформации зубчатого венца строгальной пилы приведен на рис. 2. В сравнении с деформацией пилы производства Минского инструментального завода у строгальной пилы на удалении 0,25 ПП от точки принудительного смещения, осевое отклонение зубьев меньше в три раза. На удалении свыше 0,5 ПП оно незначительно

и направлено в одну сторону, внешне напоминает начертание славянской литеры «С», в отличие от деформации зубчатого венца серийных пил, графические зависимости отклонений зубчатого венца которых переходят в отрицательную область значений оси  $y$  и приближаются к конфигурации латинской литеры «S». Полученные результаты хорошо согласуются с возможными схемами деформации полотен круглых пил, приведенными в источнике [1]. Характер деформации полотна круглой пилы определяет возможности процесса резания, наряду с величиной и знаком напряжений в полотне пилы [2]. Конусность полотна строгальной пилы обеспечивает возможность выполнения операций с высоким качеством обработки древесины.

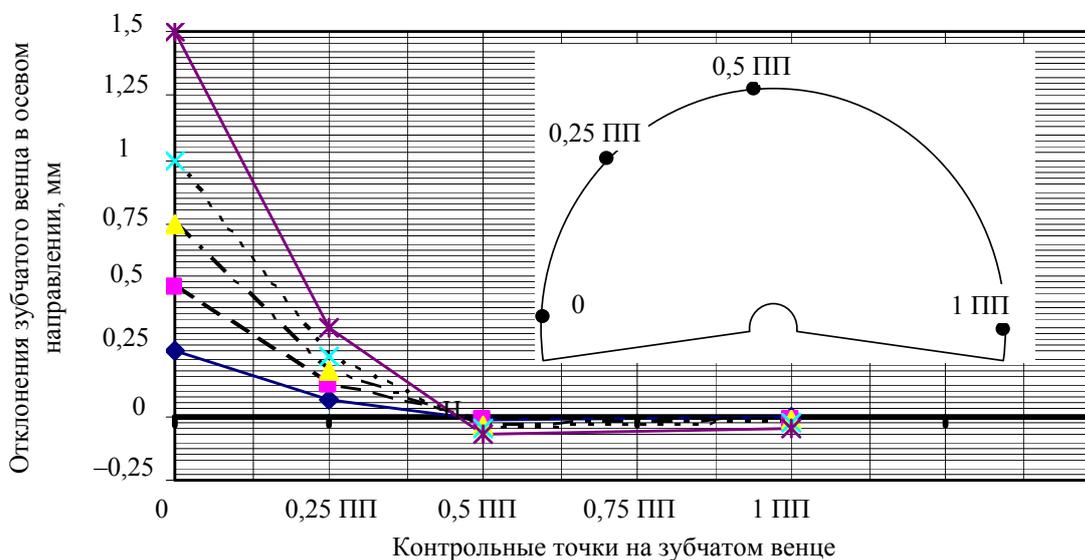


Рис. 1. Влияние величины задаваемого осевого смещения зубчатого венца на отклонение зубьев в контрольных точках полупериметра серийной пилы ( $D = 360$  мм,  $t = 2,2$  мм,  $z = 48$ )

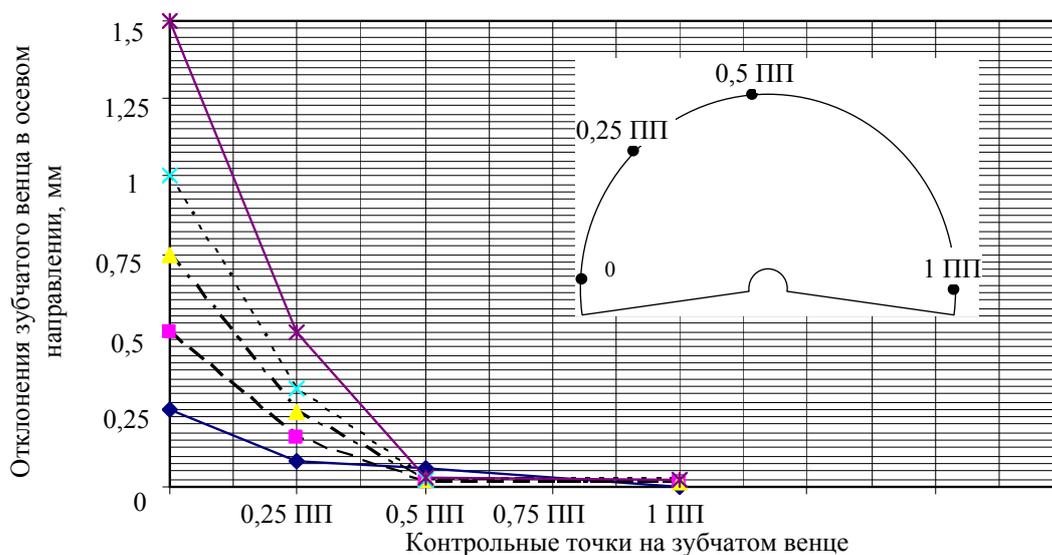


Рис. 2. Влияние величины задаваемого осевого смещения зубчатого венца на отклонения зубьев в контрольных точках полупериметра строгальной пилы ( $D = 310$  мм,  $t = 3,2$  мм,  $z = 64$ )

Деформация полотна круглой пилы при продольной распиловке фирмы «Leitz». Характеристика пилы для продольной распиловки фирмы «Leitz»: HW – kreissageblatt, WK 850-2 058311,  $300 \times 3,2/2,2$ ,  $Z = 96/9,82$ ,  $\sigma = 25\,791$ ,  $n_{\max} = 7600$ .

На полотне пилы имеются четыре радиальные компенсационные прорези в районе зубчатого венца на глубину 40 мм. Особенностью измерений деформации зубчатого венца у этой пилы является то, что фиксировалась величина отклонения вершины зуба до и после компенсационных прорезей.

Графическая зависимость деформации зубчатого венца пилы фирмы «Leitz» приведена на рис. 3.

Пунктирными линиями показаны отклонения перед компенсационными прорезями, а сплошными – после прорезей. Анализ графических зависимостей показывает, что наличие прорезей не оказывает принципиального влияния на характер отклонения зубчатого венца под действием статической поперечной нагрузки. Характер деформации зубчатого венца напоминает деформацию зубчатого венца строгальной пилы по С-образной кривой с некото-

рыми отличиями. Нулевое отклонение (точка «Н»), в отличие от аналогичной точки при отклонениях зубчатого венца серийной пилы (рис. 1), существенно смещена и находится на удалении  $\approx 0,85$  ПП при всех значениях задаваемого смещения. Зубья, лежащие на расстоянии после  $0,85$  ПП от точки приложения нагрузки, имеют тенденцию к незначительному отклонению в противоположном направлении, и значения отклонений переходят в отрицательную область значений оси  $y$ .

Деформация зубчатого венца опытной пилы с переменным сечением по радиусу. Параметры опытной пилы с переменным сечением по радиусу: диаметр пилы 370 мм, толщина в районе зубчатого венца 2 мм, толщина в районе проточки 1,3 мм, число блоков зубьев  $z_0 = 20$ .

Графическая зависимость деформации зубчатого венца опытной пилы приведена на рис. 4.

Анализ полученных графических зависимостей (рис. 4) показывает, что характер отклонений зубчатого венца опытной пилы под действием статических осевых нагрузок наиболее близок к характеру отклонений зубчатого венца строгальной пилы (рис. 2).

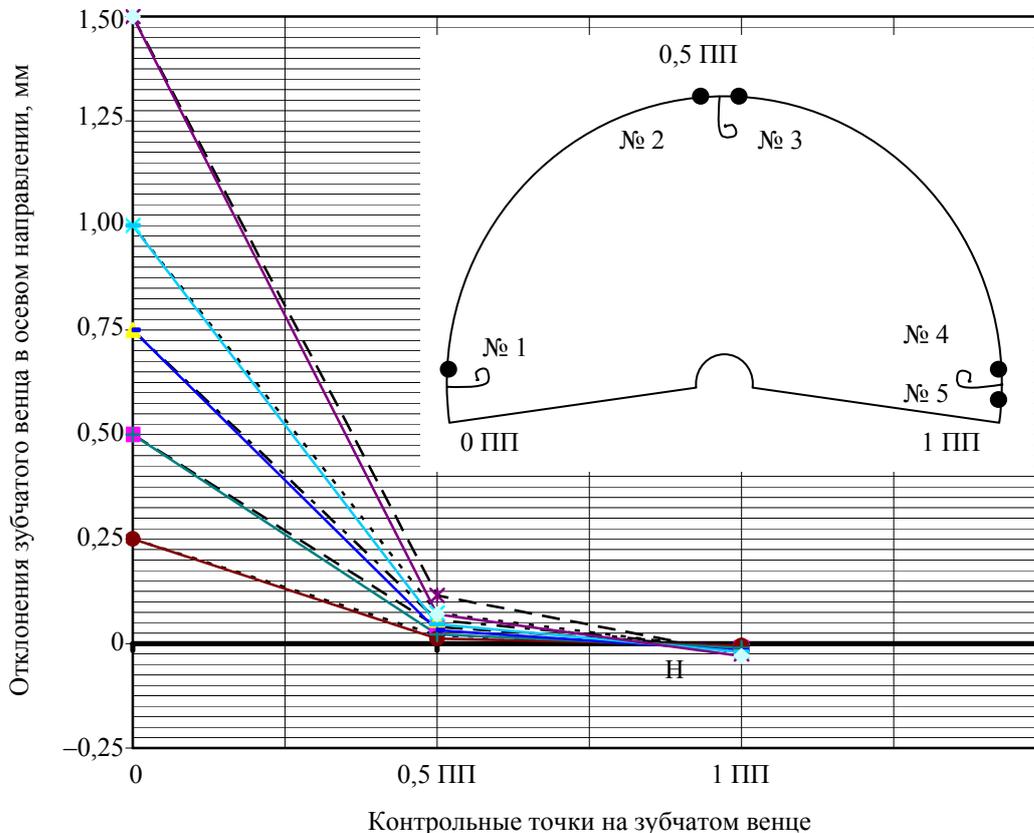


Рис. 3. Влияние величины задаваемого осевого смещения зубчатого венца на отклонения зубьев в контрольных точках полупериметра пилы фирмы «Leitz» (HW-Kreissageblatt, WK 850-2 058311  $300 \times 3,2/2,2$ ,  $z = 96/9,82$ ,  $\sigma = 791$ ,  $n_{\max} = 7600$ )

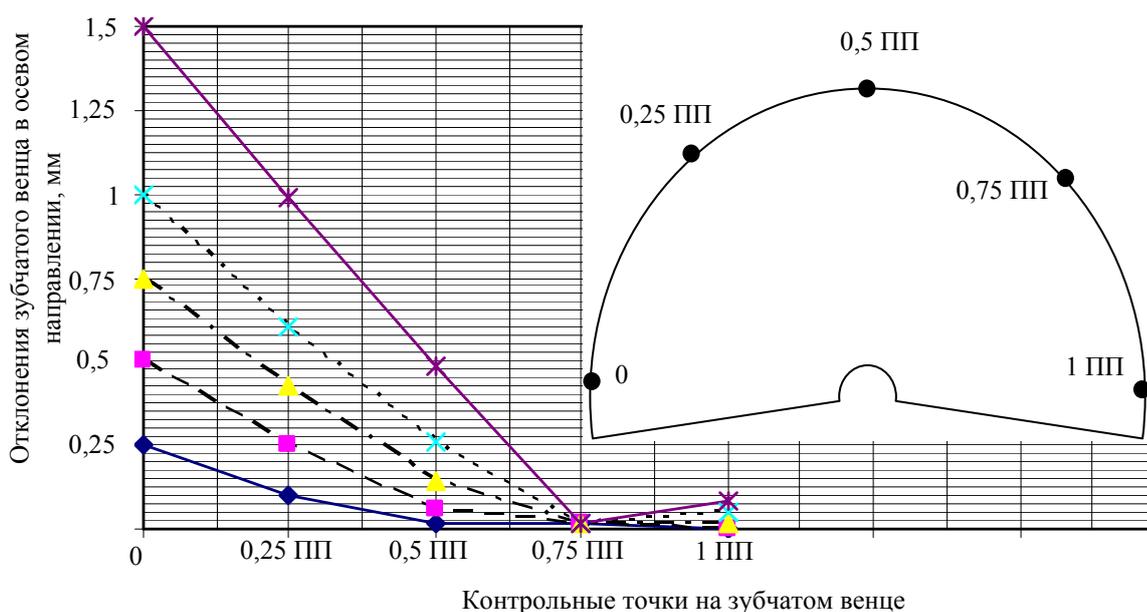


Рис. 4. Влияние величины задаваемого осевого смещения зубчатого венца на отклонения зубьев в контрольных точках полупериметра опытной пилы ( $D = 370$  мм,  $t = 1,3$  мм,  $z_6 = 20$ )

Уменьшение величины отклонения зубчатого венца, по мере удаления от точки принудительного осевого смещения, в сравнении со строгальной пилой происходит более плавно и достигает небольших значений в точке 0,75 ПП с дальнейшим приближением к нулевому значению по С-образной зависимости.

Это дает основание ожидать повышения качества поверхности пропила при работе опытными пилами с переменным сечением по радиусу аналогично уровню работы строгальных пил за счет профилирования сечения полотен круглых пил от фланцев к зубчатому венцу.

**Заключение.** Рассмотренная методика оценки деформируемости полотна круглых пил характеризуется простотой и возможностью применения в производственных условиях.

Исследованиями установлено: есть различия в деформируемости зубчатого венца круглых пил разного назначения и они фиксируются с высокой точностью. Сравнительный анализ показывает, что деформируемость полотен круглых пил имеет индивидуальный характер. Пилы из одной партии отличаются разными величинами осевых смещений зубьев по периметру при

одинаковых условиях нагружения. Исходя из результатов проведенных исследований можно предположить, что это связано не только с погрешностью геометрических параметров пил, но и величиной остаточных напряжений в металле полотен пил, возникших на стадии предшествующих технологических операций (технологической наследственностью).

На данном этапе исследований можно сделать вывод, что лучшее качество обработки обеспечивают пилы, зубчатый венец которых по периметру не смещается в противоположных направлениях под воздействием статических осевых нагрузок в зоне зубчатого венца и изгиб полотна имеет конфигурацию С-образной кривой.

#### Литература

1. Szumani, R. Questions and Answers / R. Szumani // Wood Machining News (JSSN: 0743-5231). – USA, 2000. – P. 3.

2. Якунин, Н. К. Об улучшении качества круглых пил / Н. К. Якунин // Деревообрабатывающая промышленность. – 1985. – № 12. – С. 7.

Поступила 20.03.2012