

2. ГОСТ 27.204-83. Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности. [Текст]. Введ. 1985-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 37 с.
3. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины. Учебное пособие/ И.Т.Глебов, В.Г.Новоселов, Л.Г. Швамм. [Текст]. - Екатеринбург: РИО УГЛТА, 1999. – 190 с.
4. Новоселов В.Г. Совершенствование критерия оптимальности решений по выбору технологического оборудования/ В.Г.Новоселов, А.И.Кузнецов [Текст].- Деревообрабатывающая промышленность, 2006, №4, С.5-7.
5. Технические предложения по повышению производительности лесопильной рамы Р63-4А.: Отчет о НИР (промежут.) / МВиССО РСФСР. УЛТИ; Руководитель Шабалин Л.А. – Шифр темы 26/81, № ГР 81036440. – Свердловск, 1982.
6. Пижурин А.А. Оптимизация технологических процессов деревообработки. – М.: Лесная пром-сть, 1975. -312 с.
7. Виноградов В.Ф., Шабалин Л.А., Сорокин В.И., Смирнов В.И.Силы резания в лесопильной раме Р63-4А /Экспресс-информация НИИМАШ. Деревообрабатывающее оборудование. 1980, №11.
8. Исследование напряженного состояния и нагруженности деталей лесопильной рамы Р63-4 с целью повышения ее надежности: Отчет о НИР (заключ.) / МВиССО РСФСР. УЛТИ; Руководитель Шабалин Л.А. – Шифр темы 14/76, № ГР 76028435. – Свердловск, 1980.
9. А.с.939183 СССР МКл<sup>3</sup> В27В 3/12. Шатун лесопильной рамы/ Шабалин Л.А., Кучумов Е.Г., Новоселов В.Г., Виноградов В.Ф./СССР/. - Заявл.13.01.81; Опубл. 30.06.82, Бюл. № 2// Описание изобретения. – 2с.
10. А.с.№1391882 СССР МКл<sup>4</sup> В27В 3/12. Привод лесопильной рамы/ Шабалин Л.А., Головачев А.П., Диев Л.В., Новоселов В.Г./СССР/. - Заявл.01.07.86; Опубл. 30.04.88, Бюл. № 16//Описание изобретения. – 3 с.

**Полякова Т.В., Новоселов В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

**КРИТЕРИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
ДЕРЕВООБРАБОТКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ  
КАЧЕСТВА «ТОЧНОСТЬ»**

***THE DEFINITION MEANS OF WOODWORKING TECHNOLOGY  
SYSTEMS RELIABILITY ON THE QUALITY INDEX "ACCURACY".  
CRITERIA, METHODS AND MEANS***

В соответствии с ГОСТ 27.004-85 [1] технологическая система представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций. В дерево-

обработке средством технологического оснащения является деревообрабатывающий станок с инструментом, оснасткой и околостаночным оборудованием, предметом производства – деревянная заготовка и исполнителем – станочник по деревообработке.

Работоспособным является такое состояние технологической системы, при котором значение всех параметров и (или) показателей качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технической и (или) конструкторской и технологической документации.

Если функционирование технологической системы сохраняется, но происходит выход значений одного или нескольких параметров технологического процесса за пределы, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской и технологической документации возникает параметрический отказ.

В результате выхода значения хотя бы одного параметра или показателя качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные требованиями нормативно-технической документации, наступает отказ технологической системы по параметрам продукции.

Одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции по ГОСТ 27.202-83 [2] с точки зрения надежности технологической системы по параметрам продукции является точность.

Принято различать геометрическую и технологическую точность.

**Геометрическая точность** деревообрабатывающего оборудования характеризуется погрешностями его отдельных элементов (деталей) и ошибками их взаимного перемещения и расположения.

Исследования показали, что погрешности обработки в результате геометрических ошибок машины в общем балансе не являются доминирующими и составляют 20...25%. Поэтому выход машины за нормы геометрической точности не всегда приводит к потере ею качественных характеристик обработки. Тем не менее снижение геометрической точности, обусловленное износными и другими вредными медленно протекающими процессами, приводит к изменению траекторий движения исполнительных органов оборудования (или заготовок при подвижном базировании) от расчетных законов движения и является источником дополнительных динамических возмущений, что не может не сказаться на точностных показателях обработки.

Геометрические погрешности проявляются в форме неровности поверхности или непрямолинейности траекторий перемещения, непараллельности относительного положения частей машины или их перемещений, неперпендикулярности относительного положения частей направления их перемещений, несоосности, линейного смещения; уровня перемещающейся части, биения (радиального и торцового), смещения частей при радиальных, осевых и поперечных зазорах в направляющих..

К основным показателям геометрической точности оборудования относятся геометрическая точность баз для установки заготовки и инструмента: геометрическая точность траекторий перемещений рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент; точность расположения осей вращения и направлений прямолинейных перемещений рабочих органов, несущих заготовку и инструмент относительно друг друга и относительно баз; точность взаимосвязанных относительно перемещений рабочих органов машины и точность делительных и установочных перемещений рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент; точ-

ность координатных перемещений (позиционирования) рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент.

Геометрическая точность регламентируется нормами точности, которые для большинства машин стандартизированы.

*Технологической* называют точность, с которой детали обрабатываются на данной машине. Она характеризуется величиной фактической погрешности размеров и формы по сравнению с заданными чертежами. Технологическая точность должна обеспечить установленный уровень взаимозаменяемости при сборке, заданную точность изделия и экономическую эффективность обработки.

При оценке технологической точности детали следует различать точность выполнения размеров, точность формы поверхностей и взаимное расположение поверхностей. Точность выполнения размеров регламентируется ГОСТ 6449.1-82[3], согласно которому мерой точности размера принят квалитет. Для деталей из дерева и древесных материалов приняты девять квалитетов с 10 по 18 и система отверстий. Числовые значения допусков, как разностей между наибольшим и наименьшим предельными размерами, для всех девяти квалитетов приведены в справочном приложении к стандарту.

Точность каждого параметра детали является результатом действия множества различных факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемой заготовке, режиму, средствам измерений и т. д. Размер детали можно рассматривать как случайную величину, которая зависит от систематических и случайных погрешностей обработки.

К систематическим относятся погрешности, величина которых непостоянна или изменяется по определенному закону. Следует различать систематические погрешности за короткий и длительный периоды эксплуатации. В процессе обработки данной партии заготовок они возникают главным образом из-за геометрических погрешностей станка, износа режущего инструмента, погрешности размерной настройки. В течение длительного периода работы причиной появления систематических погрешностей является в первую очередь износ основных формообразующих элементов машины.

К случайным относятся погрешности, появление которых не подчиняется какой-либо установленной закономерности; поэтому нельзя заранее определить их конкретную величину. Они обуславливаются неравномерностью свойств и припусков на заготовках, нестабильностью режима обработки, деформациями и колебаниями в упругой системе станка.

Точность каждого параметра детали является результатом действия множества различных факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемой заготовке, и т. д.

Основным, определяющим точность обработки, является фактическое положение плоскости резания. Жесткие режимы эксплуатации приводят к высокой интенсивности изнашивания инструмента и затуплению лезвия. В результате радиус вписанной окружности увеличивается, а ее центр перемещается по биссектрисе угла заточки. Соответственно смещается и поверхность обработки. В результате фактические размеры обработанной детали выходят за пределы соответствующих допусков, происходит отказ и наступает неработоспособное состояние технологической системы по параметру качества продукции «точность».

Физическая модель, описывающая потерю точности в деревообработке по мере износа инструмента, и закономерности возникновения соответствующих отказов при-

ведена в работе [4]. Средняя наработка до отказа  $T_1$  определяется через математические ожидания параметров по формуле

$$T_1 \approx \frac{16,7\bar{d}}{\gamma_{\Delta} n \bar{l} (e - \varepsilon_0)}, \quad (1)$$

где  $d$  – допускаемое отклонение поверхности обработки от ее номинального расположения, мкм;  $\gamma_{\Delta}$  – интенсивность изнашивания инструмента мкм/м;  $n$  – частота вращения инструмента, мин<sup>-1</sup>;  $l$  – длина дуги контакта инструмента с древесиной, мм;  $e$  – вспомогательная величина;  $\varepsilon_0$  – относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания.

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)}, \quad (2)$$

где  $\beta$  – угол заострения;  $\alpha$  – задний угол лезвия.

$$l = \sqrt{P D_p}, \quad (3)$$

где  $P$  – припуск на обработку, слой срезаемого материала;  $D_p$  – диаметр окружности резания.

Теоретическое исследование предложенной модели методом численного эксперимента, выполненное в работе [5], позволило выдвинуть гипотезу о том, что наибольшее влияние на наработку до отказа оказывает изменение таких факторов как: допускаемое смещение поверхности обработки; интенсивность изнашивания и припуск на обработку. Коэффициенты регрессии других факторов в рассмотренных диапазонах их варьирования составляют величины второго и выше порядка малости.

Для проверки этой гипотезы необходимо провести экспериментальные исследования.

Определение параметров точности технологических систем операций (процессов) производится на основе статистической обработки результатов измерений партии (выборки) обработанных деталей (ГОСТ 27.202-83). Выборка объемом 50...200 деталей носит название выборки из случайно отобранных деталей, изготовленных при одной или нескольких настройках на одной машине. Результаты замера такой представительной выборки дают уверенность в том, что подсчитанные значения точности действительно отражают техническое состояние машины.

Результаты этих замеров можно затем использовать для определения выборки меньшего объема, которой достаточно для определения точности машины с заданным уровнем достоверности.

Выборка объемом 5...20 деталей, полученных в последовательности их обработки на одной машине, называется мгновенной.

Выборка, состоящая из 10 или более мгновенных выборок, взятых последовательно с одной машины за межнастроечный период или с момента установки нового инструмента до его замены (переточки), называется общей.

Метод мгновенных выборок позволяет оценить изменение точности машины во времени.

Рассеивание размеров деталей при обработке заготовок из древесины, как показывают специальные исследования, с достаточной точностью описывается нормальным законом распределения, которая характеризуется симметричной формой с асимптотическим приближением обеих ветвей к оси абсцисс (рисунок).

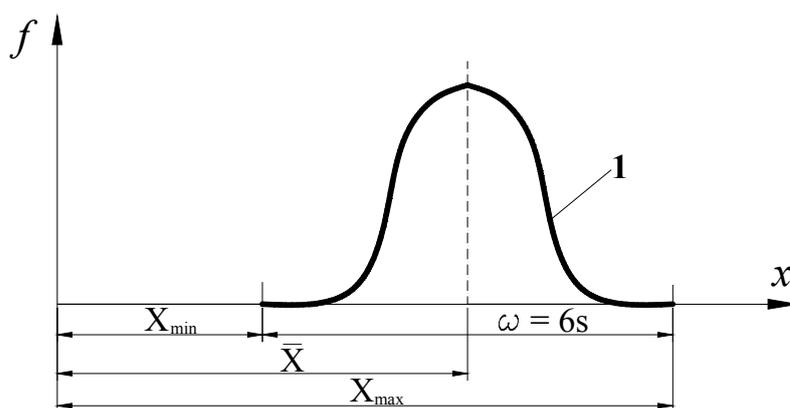


Рисунок – Схема формирования технологической точности обработки: 1 — кривая нормального распределения

При оценке технологической точности принято считать предельным отклонением значение  $\pm 3S$  ( $S$  – среднее квадратическое отклонение (мера рассеивания) случайных величин, мм),  $X$  – переменная случайная величина (размеры детали), мм;  $\bar{X}$  – среднее арифметическое (или центр рассеивания) случайных величин, мм), а поле рассеивания  $\omega = 6S$ . Тогда нижняя граница поля рассеивания  $X_{\min} = \bar{X} - 3S$ , верхняя граница поля рассеивания  $X_{\max} = \bar{X} + 3S$  (по рис).

Одним из основных показателей технологической точности деревообрабатывающих машин как технологических систем является коэффициент точности (по контролируемому параметру)  $K_T = \omega/\delta$ , где  $\delta$  – допуск на контролируемый размер детали для заданного качества. Технологическая точность работы станка по заданному качеству обеспечивается при выполнении условия  $K_T \leq 1$ .

Для целей контроля соответствия точности обработки деревянных деталей требованиям нормативно-технической документации используют индикаторные толщиномеры, настраиваемые на номинальный размер по соответствующим образцовым концевым мерам. Цена деления индикатора в таком толщиномере составляет 0,1 мм, что достаточно для контроля процесса обработки в соответствии с нормами точности на деревообрабатывающие станки. То есть, по сути при измерении фиксируется только факт соответствия или не соответствия размера полю допуска по чертежу.

Для целей же определительных испытаний на надежность необходимо проследить процесс постепенного изменения контролируемого размера и зафиксировать момент перехода от «годных» обработанных деталей к «негодным». Это требует применения средств измерения более чувствительных, с меньшей ценой деления, не более 0,01 мм. Такими средствами измерения могут быть микрометрические скобы, однако при массовых замерах на больших объемах выборок время измерений может быть весьма значительным, т.к. необходимо при каждом замере вращать микрометрический винт до срабатывания «трещотки», а затем считывать и записывать показания по двум шкалам: лимба и нониуса.

Более рациональным представляется применение индикаторной скобы с ценой деления 0,01 мм, настроенной на номинал по концевым мерам, при котором необходимо только поместить деталь между упором скобы и наконечником индикатора и считать отклонение от номинала по его шкале.

Исходя из изложенного, мы рекомендуем для определительных испытаний на надежность технологических систем деревообработки по параметру качества продукции «точность» применять индикаторные скобы с ценой деления не более 0,01 мм.

## Библиографический список

1. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.
2. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. [Текст]. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
3. ОСТ 6449.1-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки [Текст]. Введ. 1982-03-26. М.: Изд-во стандартов, 1991. 21 с.
4. Новоселов В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст] / В.Г.Новоселов, И.Т.Глебов // Надежность и качество: материалы международного симпозиума, Пенза, 25-31 мая 2006 г./ Пензенский гос. техн. ун-т. – Пенза, 2006. - С. 276-278.
5. Новосёлов В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст]/ В.Г.Новосёлов, Т.В.Полякова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября 2006 г./ Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2006. С.108-114.

**Petr Horáček** (*Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic*) [horacek@mendelu.cz](mailto:horacek@mendelu.cz)

## HOW TO USE A NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF TIMBER STRUCTURES

### Abstract

A variety of NDE techniques can be employed by an inspector in order to determine the condition of an timber structure. Advances are needed to improve the effectiveness of predicting timber properties and overall structural capacity from various NDE methods. The goal of this paper is to describe a combination of techniques that will provide a more effective prediction of timber structure condition and capacity.

**Key words:** Nondestructive evaluation, wood properties, timber structures

### 1 INTRODUCTION

Nondestructive evaluation techniques (NDE) utilizing different methods has successfully been used to improve the assessment of the integrity of wood structures [1]. NDE tech-