

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коробочкин Б.Л. Динамика гидравлических систем станков. — М.: Машиностроение, 1976. — 240 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1973. — 832 с.

УДК 621.914.6:621.883

**Б.В. Иванов**

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

*Министерство образования РБ  
Минск, Беларусь*

К настоящему времени предлагается ряд законов для описания рассеивания стойкости металлорежущего инструмента (табл. 1). Вывод каждого из них базируется на математической обработке большого количества результатов наблюдений за стойкостью инструмента в производственных условиях.

П.Г. Кацев [1] показал, что наилучшую аппроксимацию эмпирического распределения стойкости сверл, резцов, метчиков, плашек дает усеченно-нормальное распределение. Для мелких сверл применимость закона зависит от условий эксплуатации и может использоваться экспоненциальное, нормальное и другие виды распределений.

Л.С. Центер описал связь вида закона распределения с качеством инструмента и условиями его эксплуатации, характеризуемых коэффициентом вариации стойкости  $K_v$  [2]. При значениях  $K_v = 0,1 \dots 0,3$  вполне применимо нормальное распределение. Если  $K_v = 0,3 \dots 0,6$ , то предпочтительно использовать смешанное, представляющее комбинацию нормального и показательного законов. При  $K_v = 0,6 \dots 1,0$  характерно экспоненциальное распределение.

В работах под руководством Г.Л. Хаета, указывается на возможность применения различных законов [3]. В случае постоянства значения параметра потоков отказов  $\lambda$  применимо экспоненциальное распределение, в иных случаях — логарифмически-нормальное или закон Вейбулла. Композиция нормального и экспоненциального распределений характерна для описания стойкости инструмента, имеющего высокое качество. Тяжелые условия работы характеризуются усеченно-нормальным распределением.

Анализируя закономерности изнашивания режущего инструмента, Е.С. Высоковский [4] отметил, что распределение скорости износа хорошо аппроксимируется  $\alpha$ -распределением, а отказы инструмента, вызываемые потерей точности, можно описывать распределением Вейбулла. Нормальное распределение времени безотказной работы характерно для рациональных инструментальных наладок.

Принимая в качестве причин, вызывающих отказы инструментов, износ, разладку и их поломку, И.А. Клусов [5] предложил применять для описания распределения стойкости инструментов роторных автоматических линий композицию нормального и экспоненциального распределений. При этом он не увязывает вид закона с причинами отказа инструментов.

Изучая эмпирическое распределение износа с течением времени, авторы работы [6] принимают для его описания нормальный закон. Указывается, что с течением времени работы инструмента вид распределения несколько изменяется: в начальный период рассеивание среднего износа описывается нормальным распределением, а далее распределение становится асимметричным со сдвигом вершины в область меньших значений износа.

В работе [7] при преобладающем нормальном затуплении предлагается ряд распределений: нормальное, несимметричное (одностороннее), смешанное, распределение с ответвлениями, «улучшенное» и распределение Пуассона при выкрашивании режущих кромок.

Логарифмически-нормальное распределение для описания стойкости инструмента применил И.Тейлор [8].

Исследования Б.А. Мстслсва [9] показывают, что при нормальном затуплении с коэффициентом вариации стойкости  $K_v < 0,3 \dots 0,5$  предпочтительным в большинстве случаев является нормальное распределение, при  $K_v > 0,3 \dots 0,5$  — распределение Вейбулла. При выходе инструмента из строя вследствие выкрашивания и поломок — также распределение Вейбулла.

Приведенный анализ показывает, что закон распределения стойкости инструмента определяется характером его износа, условиями эксплуатации. Если выход инструмента из строя происходит по причине его постепенного износа, распределение стойкости инструмента подчиняется в основном нормальному и логарифмически-нормальному законам. Если выход инструмента происходит часто по причине его внезапных поломок, выкрашивания режущей части, распределение стойкости инструмента хорошо описывается такими законами, как Вейбулла-Гнеденко, гамма-распределение и др.

При эксплуатации червячных фрез из быстрорежущих сталей более характерна первая модель выхода их из строя, так как обычно коэффициент вариации стойкости фрез  $K_v < 0,3$ . Однако в случае нарушения технологии изго-

товления фрез и технологии зубонарезания возможна и вторая модель. Поэтому для оценки распределения стойкости червячных фрез в производственных условиях в качестве теоретически возможных законов были приняты 4 названных выше закона. Эти законы наиболее распространены в выполненных исследованиях распределений стойкости режущих инструментов (табл. 10).

Для получения экспериментальных данных были выполнены длительные (в течение 6 месяцев) стойкостные испытания стандартных цельных червячных фрез из стали Р6М5 при обработке цилиндрических зубчатых колес из стали 18ХГТ, НВ156...217,  $m = 4$  мм,  $z = 48$ . За критерий затупления фрезы был принят износ 0,8 мм по линии сопряжения задней и боковых поверхностей зубьев. Фрезы работали на режимах резания, применяемых на линии механической обработки шестерен. Качество изготовления фрез проверялось по баллу карбидной неоднородности, величина которого колебалась в пределах 5–7, при заточке — по величине отклонения от радиальности передней режущей грани зуба фрезы, значение которого не превышало 0,08 мм. Было принято допущение, что после переточки фрезы обладают свойством равноценности. Обработка производилась на станках, приведенных в техническое состояние, соответствующее нормам технологической точности. При обработке заготовок производился периодический 10-ти процентный контроль твердости по Бринеллю. Значение твердости колебалось в пределах НВ156...207. Износ фрез после обработки фиксируемого количества деталей измерялся лупой Бринелля с 24-кратным увеличением.

На первой стадии расчетов произведена оценка резко выделяющихся данных с помощью критерия Груббса. Результаты, не соответствующие этому критерию, были исключены. Выбор теоретических законов распределения, в наилучшей степени соответствующих эмпирическим распределениям, производился с помощью критериев Пирсона  $\chi^2$  и Колмогорова  $\lambda$  по результатам выравнивания экспериментальных распределений принятыми теоретическими. Проверка соответствия эмпирических и теоретических распределений проводилась с помощью соответствующей вероятностной бумаги. В соответствии с рекомендациями было принято, что гипотеза распределения стойкости фрез в рассматриваемых условиях обработки по выбранному закону распределения не противоречит опытным данным, если  $P(\chi^2) > 0,05$ , а  $P(\lambda) > 0,6$ .

Результаты выполненного выравнивания и сопоставления эмпирических и теоретических распределений стойкости червячных фрез для различных условий их эксплуатации свидетельствуют о том, что все выбранные теоретические законы могут быть использованы для описания эмпирических распределений стойкости червячных фрез в производственных условиях. В лучшей степени для этого пригодны нормальный и логарифмически-нормальный законы.

Применяемость теоретических законов для выравнивания эмпирических распределений стойкости металлорежущего инструмента

Исследователи	Вид закона										Источники информации		
	Нормальный	Усеченно-нормальный	Логарифмически-нормальный	Экспоненциальный	Вейбулла	Гамма-распределение	Бернушская	Смешанное (нормальное + экспоненциальное)	о-распределение	Пуассона			
Кацел П.Г.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	[1]	
Центер Д.С.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	[2]
Харт Г.Д.	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	[3]
Высоковский Е.С.	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	[4]
Клузов И.А.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	[5]
Капулевский В. Виперовский К.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	[6]
Тейлор И.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[8]
Метелев Б.А.	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	[9]
Герцбах И.Б. Кордонский Х.Б.	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	[11]
Пасько Н.И.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	[12]

Выполнен также анализ законов распределения таких характеристик работоспособности сборных червячных фрез конструкции МПКТИ, как износ зубьев, приведенная стойкость, относительный износ, длина обработки до заданного износа. При этом с помощью пакета прикладных программ STATGRAPHICS было произведено сравнение для каждого из указанных параметров их эмпирических распределений по результатам экспериментов с рядом теоретических распределений. В качестве теоретических законов распределения были приняты законы: нормальный, Бернулли, биномиальный, равной вероятности, дискретный равномерный, геометрический, логарифмически-нормальный, Стьюдента, прямоугольного треугольника, Вейбулла [10]. Установлено, что для описания распределений всех рассмотренных показателей работоспособности червячных фрез могут быть использованы нормальный и логарифмически-нормальный законы.

Полученные результаты являются одной из предпосылок успешного применения методов корреляционно-регрессионного анализа при изучении и моделировании процесса износа червячных фрез различных конструкций из быстрорежущих сталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. — М., Машиностроение, 1974. — 240 с. 2. Центер Л.С. Исследование надежности режущих инструментов металлообрабатывающего автоматизированного оборудования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / АН БССР — Минск, 1962. — 19 с. 3. Хаст Г.Л. Надежность режущего инструмента. — Киев: Гос. план. ком. Сов. Мин. Укр. ССР, 1968. — 32 с. 4. Высоковский Е.С. Технологические исследования надежности и производительности многоинструментальных наладок автоматизированного металлорежущего оборудования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Тульский политехн. ин-т. — Тула, 1968. — 30 с. 5. Клусов И.А. О надежности роторных автоматических линий // Вестник машиностроения. — 1964. — № 6. — С.71–74. 6. Kiepuszewski B, Wiczerowski K. Die probabilistische Schdtzung des Abnutzungsgrades von Frdsern // Wiss. Z.Humboldt — Univ. — Berlin: Math. — Nat. — 1967. — XVI x1. — S.27–32. 7. Scholz. Statistische Verfahren der Standsetfermittlung // Werkzattstechnik. — 1964. — 54 № 9. — S. 554–560. 8. Taylor I. The evaluation of carbide toolmaterials by machining tests // Instn. Mech. Eugrs., 1967–1968. — 182, № 35. — S. 725–734. 9. Метелев Б.А. Исследование рассеивания стойкости режущих инструментов и его влияние на режим резания: Автореф. дис. ... канд. техн. наук:

- 05.171 / Горьковский политехн. ин-т. — Горький, 1970. — 35 с.
10. Иванов Б.В. Исследование эксплуатационных свойств сборных червячных фрез различной конструкции // Наука и технологии на рубеже XXI века: Материалы Международной научно-технической конференции / Под ред. И.П. Филонова, Е.П. Сапелкина, Г.Я. Беляева. — Мн.: УП «Технопринт», 2000. — 630 с.
11. Кордонский Х.Б. Вероятностный анализ процессов изнашивания. — М.: Наука, 1968. — 55 с.
12. Пасько Н.И. Выбор скорости резания с учетом разброса параметров / Прогрессивная технология машиностроения: Сб. ст. Под ред. В.В. Морозова, Вып. III, — Тула, 1968. — С. 127–131.

УДК 674.055

**И.А. Иванов, А.Л. Приставкин**

## **ПРОГРЕССИВНЫЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Постоянно растут требования к режущим инструментам для деревообработки. Эти требования включают качество, надежность, стойкость, универсальность, безопасность, стоимость и др. Наблюдается расширение номенклатуры режущего инструмента, которая должна удовлетворять потребностям деревообработчиков.

Цель статьи — обзор наиболее прогрессивного деревообрабатывающего инструмента.

В настоящее время для обработки деталей окон, дверей, мебельных фасадов, паркета, вагонки, доски пола и др. производителями предлагаются сборные фрезы с постоянным диаметром резания, оснащенные сменными ножевыми пластинками с двумя и более режущими кромками. Корпуса этих фрез изготавливаются из термообработанной конструкционной стали и отличаются своей износостойкостью. Режущие пластинки выполнены из быстрорежущих, высокоуглеродистых сталей или твердого сплава, предназначенного для обработки массивной древесины, и обеспечивают оптимальное качество поверхности готовых деталей при высоких показателях стойкости.

Отдельные сборные фрезы размещаются на прецизионных монтажных втулках с крышками и закреплены винтами или гайками в составные блоки