

## АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПРИРАБОТАННОГО ИНСТРУМЕНТА, А ТАКЖЕ ЕГО НАДЁЖНОСТИ, СТОЙКОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ

*Б.Т. Мардонов, Проректор Навоийского  
государственного горного института, доктор  
технических наук, доцент*

*Ж.Р.Равшанов, Навоийский государственный  
горный институт*

*К.Т. Шеров, доктор технических наук,  
Карагандинский государственный  
технический университет, г. Караганда,  
Казахстан*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования параметров надёжности инструмента. Приработка инструмента повышает как стойкость, так и надёжность и его стабильность, что проявляется на таких параметрах как мода вероятности распределения стойкости, безотказности работы и диапазоне рассеивания стойкости.

**Ключевые слова:** Надёжность, стойкость, стабильность, точность, приработка, режущий инструмент.

**Abstract.** The article presents the results of a study of the parameters of the reliability of the tool. Tool running-in increases both durability and reliability and its stability, which manifests itself in such parameters as the mode of durability distribution probability, operation reliability and durability dispersion range.

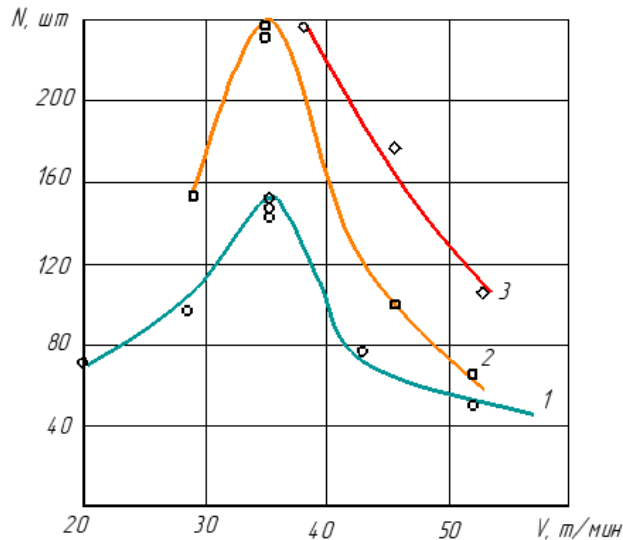
**Keywords:** Reliability, durability, stability, accuracy, running-in, cutting tool.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, современное развитие машиностроения Узбекистана, требует обеспечения надёжности, стойкости и стабильности работы металлорежущего инструмента. При этом существенно повысились требования к точности и качеству поверхностного слоя обрабатываемых деталей, а точность размеров самих деталей возросли.

Необходимой эксплуатационной характеристикой металлорежущего инструмента является надёжность. С достижением износа предельного значения или же появлением сколов на режущей кромке теряется работоспособность зубообрабатывающего инструмента. Уголки зубьев и вершинный участок зуборезного инструмента считаются основной зоной, где образуются сколы величина, которых носит случайный характер. В большинстве случаев, в процессе дальнейшей эксплуатации зуборезного инструмента, величина скола остаётся неизменной. При низких скоростях резания и больших пределах выявляются образование сколов. Во многих случаях, на стойкость червячной фрезы  $m = 10$  мм из P6M5Ф, влияет скорость резания, что можно увидеть на рис. 1. На скорости  $V = 42$ , кривая достигает своего

максимума. Такой характер зависимости стойкости связан с появлением сколов, причем с увеличением скорости резания размер и количество скола уменьшаются и при скоростях выше  $V = 42$  м/мин практически не выявляется, а кривая стойкости принимает вид типичной гиперболической формы.

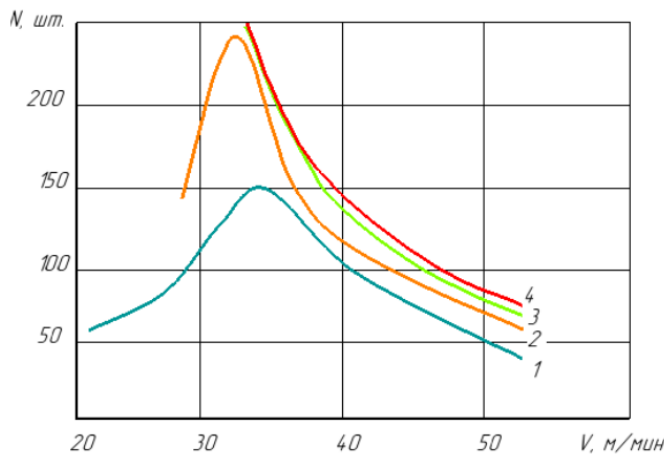


**Рис. 1. Влияние скорости резания при обработке зубчатого колеса из стали 40Х на стойкость червячной фрезы  $m = 10$  мм из Р6М5Ф: 1 – без приработки; 2 – с приработкой на скорость резания  $V=32,5$  м/мин; 3 – с приработкой на скорость резания  $V=42$  м/мин**

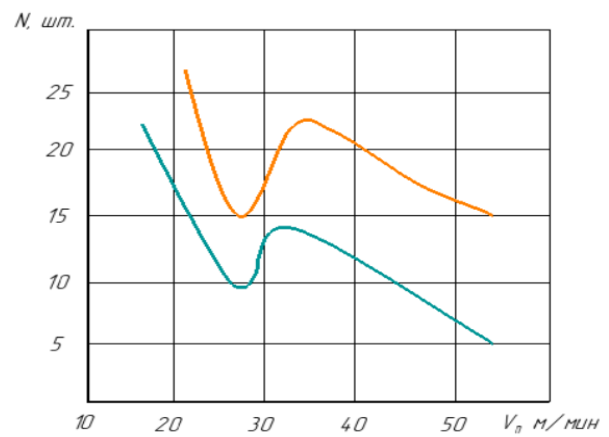
### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Подобное можно сказать и при обработке зуборезной головкой конических зубчатых колёс из стали 12ХН3А (рис.2.). В этом случае максимальная значения стойкости приходится при скоростях резания равной  $V = 34$  м/мин. После предварительной приработки, вид стойкостной зависимости в большинстве случаев схож с исходным, хотя находится на более высоком уровне, в основном, скорость резания, при которой максимальная стойкость, остаётся такой же и для приработанного инструмента. [1]

Стойкостные зависимости, червячной шлицевой фрезы до предварительной приработки и после предварительной приработки приведены на рис.3. В этом случае стойкостная зависимость характерно отличается от зубообработки, хотя присутствие «горба» остаётся связывающим признаком. Отличительной чертой износа инструмента т.е. червячной шлицевой фрезы является, очень редкое образование, а в некоторых случаях полное отсутствие скол в сравнении с процессом зубофрезерования. Положительный эффект от предварительной приработки проявляется не только в повышении стойкости, но и в возможности увеличения производительности обработки при сохранении первоначальной стойкости.



**Рис. 2.** Влияние скорости резания на стойкость зуборезной головки с ножами из Р6М5Ф3 при обработке конических зубчатых колес из 12ХНЗА: 1 – без приработки; 2 –  $V_{\text{пп}}=21$  м/мин; 3 –  $V_{\text{п}}=29$  м/мин; 4 –  $V_{\text{п}}=34$  м/мин.



**Рис. 3.** Влияние скорости резания на стойкость червячной фрезы из Р9К6М при обработке валов из 12ХГСА ( $S=0,25$  мм/зуб;  $t=2,0$  мм): 1 – без приработки; 2 – с приработкой на  $V=17,5$  м/мин.

Таким образом технологически подходящей скоростью при обработке цилиндрических шестерен является  $V=32,5$  м/мин, аналогичная максимуму стойкости. Скорость резания при предварительной приработке повышается до  $V=55...57$  м/мин и при этом сохраняет или не теряет первоначальную стойкость ( $N=122$  штук). Во время фрезеровании конических шестерен, технологическую скорость резания  $V=34$  м/мин, можно поднять до  $V=55$  м/мин.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вышеуказанное свидетельствует о том, что метод предварительной приработки зубофрезерного инструмента можно рассматривать как один из эффективных способов повышения стойкости инструмента. При этом, с точки зрения эффективности, этот тип инструмента считается самым приемлемым. [2]

После каждой переточки зуборезного инструмента можно произвести предварительную приработку, потому что данный метод не нуждается в никаких дополнительных материально-технических затратах. Имеется возможность частично компенсировать не большие экономические убытки, которые возникают за счёт занижения режимов резания при предварительной приработке, совместив этот процесс с настройкой режущего инструмента на размер. Другим положительным моментом предварительной приработки является возможность отбраковки инструмента в самой начальной стадии эксплуатации, что снижает вероятность появления брака при поломке инструмента в эксплуатационный период.

Безусловно, стойкость инструмента считается главным технологическим показателем, но и его надёжность является не маловажным показателем в работоспособности режущего инструмента. Основным показателем режущего инструмента является надёжность, которая определяет его свойства выполнения технологических функции при этом не теряет свои эксплуатационные свойства в



течении необходимого промежутка времени в указанных пределах. Параметры надёжности можно отметить следующими показателями:

- $f(\tau)$ -плотность безотказной работы;
- $P(\tau)$ -вероятность безотказной работы;
- $\lambda(\tau)$ -интенсивность отказа.

Понятие, плотности распределения стойкости ассоциируется с законом распределения времени работы режущего инструмента до его износа, по задней поверхности который равняется  $h=1,0$  мм. Для времени  $\tau$  можно определить точное значение  $f(\tau)$  [1]:

$$f(\tau) = \frac{\Delta m(\tau)}{n \cdot \Delta \tau} \quad (1)$$

здесь  $\Delta m(\tau)$  -численность инструментов, отказавших в промежутке времени от  $\left(\tau - \frac{\Delta \tau}{2}\right)$  и до  $\left(\tau + \frac{\Delta \tau}{2}\right)$ ;

$n$ -общий объем выборки или число рассматриваемых инструментов;

$\Delta \tau$  -величина интервала времени в близи времени  $\tau$ .

Вероятность безотказной работы инструмента в пределах заданного времени  $\tau$ , не возникает при отказе режущего инструмента. Можно определить численное значение  $P(\tau)$

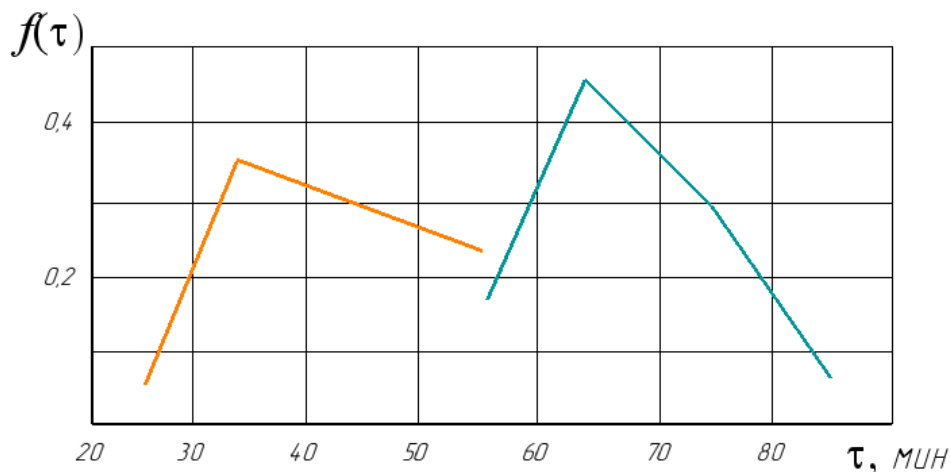
$$P(\tau) = \frac{n - m(\tau)}{n} \quad (2)$$

где  $m(\tau)$ -численность инструментов вышедших из строя за время  $\tau$  во всех рассматриваемых промежутках стойкости.

Интенсивность отказов, является главным показателем, которые объясняет причины выхода инструмента из строя. Интенсивность отказа инструмента  $\lambda(\tau)$  можно объяснить вероятностью отказа режущего инструмента в единицу времени после периода  $\tau$  при этом должно выполняться условие, что отказов до этого времени не возникало. Величина  $\lambda(\tau)$  определяется по следующей формуле:

$$\lambda(\tau) = \frac{2 \cdot \Delta m(\tau)}{(n_j + n_{j+1}) \Delta \tau} \quad (3)$$

где  $n_j$  и  $n_{j+1}$ -численность режущих инструментов, годных для эксплуатации в самом начале и в конце интервала  $j$  времени  $\Delta \tau$  соответственно.



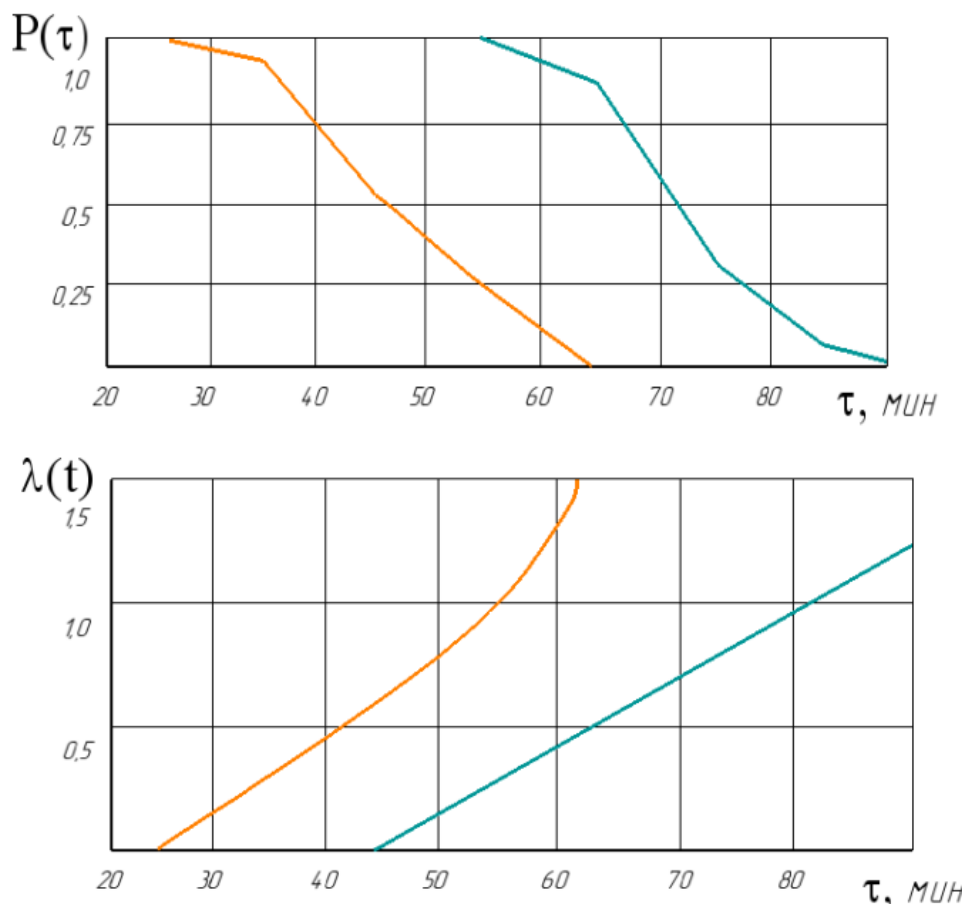
Зная  $f(\tau)$  можно рассчитать среднюю стойкость инструмента, согласно формуле

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i = M[\lambda(\tau)] \quad (4)$$

где  $\tau_1$  – стойкость первого инструмента

$M[\lambda(\tau)]$  – математическое ожидание стойкости режущего инструмента.

На рис. 4. представлено параметры надёжности червячных фрез  $m = 10$  мм из P6M5Ф при обработке зубчатых колес из стали 40X. Там же приведены аналогичные параметры после приработки.



**Рис. 4. Параметры надёжности червячной фрезы  $m = 10$  мм без приработки (1) и с приработкой (2)  $V_p=62$  м/мин,  $V_n=32,5$  м/мин, ( по данным ТашАЗ)**

Анализируя представленные результаты, можно отметить следующее. Плотность распределения стойкости червячной фрезы носит экстремальный характер близкий к симметричному закону распределения, при этом средняя стойкость до и после приработки соответственно составляет 35 минут и 65 минут. Диапазон рассеивания стойкости практически не изменился и составил до и после приработки  $\sim 30$  минут. Однако в последнем случае характер распределения носит более экстремальный характер, выражающийся в том, что плотность стойкости в максимальном проявлении составила 0,45 по сравнению с обычным вариантом равным 0,37. Это отразилось на величине дисперсии, которая при эксплуатации обычного инструмента составила 8,8 минут, в то время как после приработки соответственно 6,5 минут. [3]

Вероятность безотказной работы показала разницу начала потери работоспособности. Так, первые признаки выхода из строя обычного инструмента



начинают проявляться после работы 25 минут, в то время как у приработанного только после 60 минут. В литературе по надёжности инструмента отмечается что более информативным параметром по сравнению со средней стойкостью инструмента является время, в течении которого сохраняется работоспособность инструментов с заданной степенью вероятности  $p$ . Эту величину определяют как  $T(p)$  и легко находят по графику  $P(\tau) - \lambda$ . Так для случая  $p = 75\%$   $T_0(75) = 40$  минут и  $T_n(75) = 67$  минут соответственно без приработки и с приработкой, т.е. это означает, что при работе обычного инструмента в течении 40 минут 75% инструментов не потеряют своей работоспособности, для приработанного инструмента такое состояние достигнет после 67 минут работы.

Анализ интенсивности отказов показывает, что данный параметр в процессе работы инструмента постоянно возрастает, однако при работе обычной червячной фрезы степень роста  $\lambda(\tau)$  возрастает по мере работы и в диапазоне от 50 до 60 минут работы достигает максимального прироста. Исследования параметров надёжности инструмента по вышеописанной методике представляет определенные трудности, связанные с большими временными затратами. Поэтому в условиях ПО НМЗ надёжность инструмента была определена иной методике. Анализировался износ червячной фрезы  $m = 6,0$  мм из Р6М5 после обработки 48 деталей (2-х сменная работа) на режимах резания  $V = 32$  м/мм;  $S = 2,01$  мм/об;  $t = 12$  мм. Зубчатые колёса имели следующие характеристики: число зубьев  $Z = 72$ ; ширина венца  $B = 40$  мм, материал 30ХГТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании изложенного можно сделать следующие выводы: Начальный период работы инструмента характеризуется трансформацией исходной структуры инструмента, связанной с её приспособлением к режимам контактного взаимодействия. В зависимости от деформационно-тепловых условий трения в контакте поверхностные слои инструмента могут разупрочняться или упрочняться. Последнее обстоятельство является главным для реализации приработки инструмента по аналогии с обкаткой узлов трения машин, являющейся одним из эффективных и обязательных способов повышения работоспособности.

Приработка инструмента повышает как стойкость, так и надёжность и его стабильность, что проявляется на таких параметрах как мода вероятности распределения стойкости, безотказности работы и диапазоне рассеивания стойкости. Приработка червячных фрез более 1,6 раз снижает его радиальное биение, уменьшающее динамические возмущения силовых параметров процесса резаны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mardonov B.T., Ravshanov J.R. Investigation of Deformation-Thermal Processes in the Structural Adaptability of the Tool. / International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology/ Vol. 8, Issue 9 , September 2021.
2. Мардонов Б.Т., Равшанов Ж.Р. Исследование микротвердости в контактном слое червячной фрезы. / Тезисы доклада IV Всероссийской научно-практической конференции, состоявшейся 27 сентября 2021 г. в г. Петрозаводске. с.-27
3. А.А. Жумаев, Ж.Р. Равшанов, Д.Т. Исаев. Роль деформационно-термических процессов в структурной приспособляемости режущего инструменты. / Материалы Научном журнале «Вестник магистратуры» том 6-5 (69), - Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, 2017. -с-43.
4. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой.



3-е изд. Перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. 200 с.

5. Гаркунов Д.Н. Триботехника. - М.: Машиностроение, 1985. 424 с.

6. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. 2-е изд. Перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1978. 184 с.

7. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1986. 192 с.

8. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. - М.: Высшая школа, 1985. 304 с.

9. Зорев Н.Н., Фетисова З.М. Обработка резанием тугоплавких сплавов. - М.: Машиностроение, 1996. 266 с.

10. Ким В.А., Якубов Ф.Я. Влияние твердости на триботехнические свойства режущего инструмента. Тезисы доклада VII Всесоюзного симпозиума по механоэмиссии и механохимии твердых тел. Ташкент, 1979. с. 130..131.

11. Ким В.А., Якубов Ф.Я. Гипотеза термодинамического механизма износа. Сб. «Технология прогрессивной механической обработки и сборки». Выпуск №323. Ташкент, 1981. с 25...34.

12. Клепиков В.В. Определение жесткости упругой технологической системы токарных и фрезерных станков статическим и производственным методами [Текст] / В.В. Клепиков. — М.: МГИУ, 2011. — 35 с.