

Следует отметить, что предлагаемые решения являются эффективными в условиях производства.

#### Список использованных источников

1. Адаменко, В. М. Технические решения процессов энергосбережения в условиях машиностроительного производства / В. М. Адаменко, Ж. А. Мрочек // «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки»: тезисы докл. междунауч.-техн. конф. (Минск, 5 апреля 2017 г.). – Минск: Бизнесфосет, 2017, – 237 с.

2. Краснощеков, Е. А. Задачник по теплопередаче: учеб. пособие для вузов / Е. А. Краснощеков, А. С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 288с., ил.

3. Устройство для предварительного нагрева цилиндрических заготовок и отпуска и нормализации поковок в процессе штамповки. Пат. № 23024 ВУ, МПК С21D 1/10, С21D, С21D 9/08 /В. М. Адаменко, Ж. А. Мрочек (ВУ); заявитель и патентообладатель Белорусский национальный технический университет. – № а20180022; заявл. 23.01.2018 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуал. собственности. – 2020. – № 3.

УДК 621.9.04

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ОСЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Ажар А. В.<sup>1</sup>, Колесников Л. А.<sup>1</sup>, Яцкевич О. К.<sup>1</sup>,  
Мухиддинов З. Н.<sup>2</sup>, Умаров Т. У.<sup>2</sup>

1 – Белорусский национальный технический университет

2 – Ташкентский государственный технический университет имени Ислама  
Каримова

1 – mtools@bntu.by

2 – zayniddinmuxiddinov@tdtu.uz

**Аннотация.** В данной статье рассматривается стабильность эксплуатационных свойств осевых инструментов. Стойкость инструмента в этом случае рассматривается как время безотказной работы, с заданной вероятностью  $P$ . Исходя из этого авторами на основании промышленных статистических исследований и математического анализа доказывается, что возможно 5–6 кратная экономия инструмента с одновременным снижением их стоимости и расходов на инструментальные материалы.

**摘要。** 本文研究了轴向工具运行性能的稳定性。在这种情况下，工具寿命被视为无故障运行时间，具有给定的概率  $P$ 。基于此，作者通过工业统计研究和数学分析，证明可以节省 5–6 倍的工具，同时降低其成本和工具材料成本。

**Введение.** Известно, что под надежностью изделий понимают «вероятность удовлетворительного соответствия их своему основному назначению и их безотказная работа в определенных условиях окружающей среды и в течении

установленного срока», определяемую такими критериями как интенсивность отказов, средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы [1, 2]. Так как стремление производителей «...по мере возможностей уменьшить разброс в параметрах долговечности изделий и удлинить срок их службы...» воплощается в параметрах качества изделий, то повышение надежности в эксплуатации изделий прямым образом зависит от технологического процесса их изготовления, который также должен быть стабильным и надежным.

Обеспечение надежности изделий, технологических процессов и других объектов всегда связано с затратами дополнительных средств, с использованием новых технологий, инструмента, с улучшением методов проектирования технологий. Кроме того, производство изделий должно выполняться с наименьшими затратами труда, минимальной себестоимостью при условии изготовления изделий заданного качества в требуемом количестве и в сроки, установленные производственной программой.

Однако, опыт показывает, что надежность, предусмотренная в процессе проектирования, на этапе изготовления легко подвергается влиянию разброса, обусловленного такими переменными факторами, как человек, материалы и сырье, метод, оборудование и др. [1]. Учет всех этих факторов представляет весьма сложную задачу, так как необходимо построение математических моделей, адекватных моделируемому объектам в реальных производственных условиях и базирующихся на достоверной статистической информации.

Традиционные методы оценки работоспособности инструмента - главного фактора, определяющего надежность работы технологической системы, основаны на статистических данных изменения его средней стойкости и не отражают экономических параметров принятого технического решения (тип сверла, конкретная технологическая схема обработки и т. д.), в результате чего реальный технологический процесс требует для обеспечения необходимой надежности неоправданно больших затрат на: квалифицированный труд, инструмент, оснастку, оборудование [3].

**Исследование.** Применяемость в промышленных условиях инструментов, выполненных по новым технологиям, определяется стабильностью условий их эксплуатации, то есть надежностью проведения технологической операции.

Стабильность эксплуатационных свойств инструментов с покрытиями можно характеризовать средним квадратичным отклонением  $s$  или коэффициентом вариации  $K_{VarT}$  стойкости. Стойкость инструмента в этом случае рассматривается как время безотказной работы с заданной вероятностью  $P$ , которая для металлообрабатывающего инструмента должна быть не ниже 0,9.

Промышленные испытания сверл различных конструкций, в том числе сборных со сменными многогранными пластинами, показывают [1, 2, 3] что стабильность стойкости инструмента, у которого  $K_{VarT} \leq 0,2$  можно признать хорошей. При  $K_{VarT} = 0,2...0,35$  стабильность стойкости можно считать удовлетворительной. Когда  $K_{VarT}$  выходит за пределы 0,5 технологический процесс необходимо считать нестабильным и принимать меры к улучшению показателей

стойкости применяемых инструментов. Статистическая оценка, проверенная на зависимости гарантийной стойкости:

$$T_p = T(1 - V_h K_{var} T) \quad (1)$$

показала, что при увеличении средней стойкости  $T$  в 2,5...3 раза величина гарантийной стойкости  $T_{0,9}$  увеличилась в 1,5...2 раза.

Реально на практике для таких инструментов, как сверла, которые предназначены для размерной обработки в пределах 12–14 квалитетов точности это означает 5-6 кратную экономию расходов на инструмент.

Недостаточность оценки работоспособности инструмента только по среднему значению стойкости особенно при значительном отклонении статистического распределения наработки на отказ от нормального закона для выборки исследуемых инструментов приводит к завышению значения принятой нормативной стойкости. Рекомендуемые диапазоны скоростей резания определяются из условий, что нормативная стойкость при обработке сталей, равна средней стойкости инструментов при работе на выбранном технологическом режиме. В этом случае коэффициенты вариации стойкости инструментов хотя и имеют низкие значения, но довольно ощутимо влияют на реальную среднестатистическую стойкость, и при большой производственной программе данное положение необходимо учитывать.

Величина гарантийной стойкости  $T_{0,9}$  как правило, ниже средней стойкости  $T$ . При обработке нержавеющей стали реальная стойкость снижается на 25... 35%. Если при выборе режимов обработки необходимо гарантировать стойкость инструмента с заданным уровнем вероятности  $P$ , то скорость резания можно определить из зависимости:

$$V_p = V(T_p/T_n)^m, \quad (2)$$

где  $T_n$  – нормативный период стойкости;  $V$  – нормативная скорость резания;  $m$  – показатель относительной стойкости: для стали 0,2...0,35.

Статистическая проверка работоспособности партии быстрорежущих сверл без и с износостойкими покрытиями показала, что при увеличении средней стойкости в 5 раз для сверл с покрытиями, гарантийная стойкость возрастает в 2,5...3 раза, вследствие значительного снижения коэффициента вариации. Экономичность замены обычных сверл на сверла с покрытиями, в этом плане, не всегда удается определить, т. к. с явным повышением уровня надежности также повышается стойкость инструмента.

При обработке отверстий сверлением требуется комплексный подход для оценки степени применимости в технологии данного вида инструмента или возможности его модернизации на основе закона Стоимости Цикла Службы (СЦС). Концепция СЦС включает в себя оптимизацию полной стоимости и определение его элементов – в основном таких, как уровень надежности инструмента, стоимость его изготовления и стоимость эксплуатации. Аксиомные требования заключаются в

том, что чем больше надежность, тем меньше будет затрат на эксплуатацию инструмента. Однако будет значительно возрастать стоимость его изготовления. С учетом показателей надежности, возможность использования данного конкретного типа сверлильного инструмента можно выразить соотношением:

$$A = v/(v + r)100\% \quad (3)$$

где  $v$  – среднее значение наработки на отказ;  $r$  – среднее время на замену и подготовку нового инструмента.

Соответственно, чем меньше соотношение  $r / v$ , тем выше возможность использования инструмента.

**Выводы.** Поскольку повышение уровня надежности, т.е. улучшение качества инструментов, приводит к снижению внутрипроизводственных расходов и повышению стоимости изделия, то существует минимум общей стоимости цикла службы, которая и определяет достаточный по выбранной технологии уровень надежности для предприятия. Исходя из этого авторами определены взаимосвязи показателей надежности осевого инструмента с технико-экономическими показателям технологического процесса.

#### Список использованных источников

1. Кочергин, А. И. Анализ причин выхода из строя и характера повреждения комбинированного инструмента для обработки отверстий в корпусных деталях / А. И Кочергин, А. В. Ажар, Е. Ф. Ратько // Машиностроение. – Мн., 2010. – Вып. 26. – С. 68–73.

2. Ажар, А. В. Применение технологий комплексной обработки комбинированными инструментами на станках с ЧПУ / А. В. Ажар [и др.] // «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки»: тезисы докл. междуна. науч.-техн. конф. (Минск, 8 апреля 2021 г.) / редкол.: В. К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2021. – С. 15–17.

3. Умаров, Т. У. Исследование вариации стойкости перовых сверл методом имитационного моделирование процесса износа / Т. У. Умаров // Ж. Вестник ТашГТУ. – 2004. – № 1. – С. 127–131.

4. Умаров, Т. У. Повышение надежности твердосплавных перовых сверл / Т. У. Умаров // Ж. Вестник ФерПИ. – 2001. – № 4. – С. 29–32.

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Асташинский В. М., Иванов А. И.

Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова

alekseivanov777@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе описан метод модифицирования поверхностных свойств материалов при помощи компрессионных плазменных