

## ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ И ИХ НОРМИРОВАНИЕ

*Крджаян А.В., студент гр. 4НМ41  
Томский политехнический университет,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822) 701-777  
e-mail: AVK253@tpu.ru*

Металлорежущие станки с числовым программным управлением играют ключевую роль в современном машиностроении, обеспечивая высокую точность и производительность обработки деталей. Однако, как и любое сложное оборудование, они подвержены износу и другим факторам, влияющим на их работоспособность. В данной статье рассматриваются основные показатели надежности МЦС с ЧПУ и их нормирование.

Технологическая надежность станка с ЧПУ определяется его способностью обеспечивать выполнение технологических операций с заданными показателями качества в течение требуемого промежутка времени. Отказ станка происходит, когда любой из заданных показателей качества обработки выходит за установленные пределы.

Основные показатели надежности

1. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  и вероятность отказа  $Q(t)$ :  $P(t)$  – вероятность того, что в интервале времени  $t$  не возникнет отказа, связанного с точностью обработки.

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$

где  $N_0$  – число объектов в начале работы (серии испытаний);  $n(t)$  – число отказавших элементов за время  $t$ .

Вероятность того, что отказ объекта произойдет за время, не превышающее заданной величины  $T$ , т. е. что  $T < t$ , как вероятность события, противоположного тому, при котором  $T \geq t$ , равна

$$Q(t) = \Pr\{T < t\} = 1 - P(t), t \geq 0.$$

Функция  $Q(t)$  – вероятность отказа – представляет собой интегральную функцию распределения случайной величины, т. е.  $Q(t) = F(t)$ . Если функция  $Q(t)$  дифференцируема, то производная от интегральной функции распределения есть дифференциальный закон (плотность) распределения случайной величины  $T$  – времени исправной работы:

$$\frac{dF(t)}{dt} = \frac{dQ(t)}{dt} = f(t), f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}.$$

Функция  $f(t)$  также называется плотностью отказов.

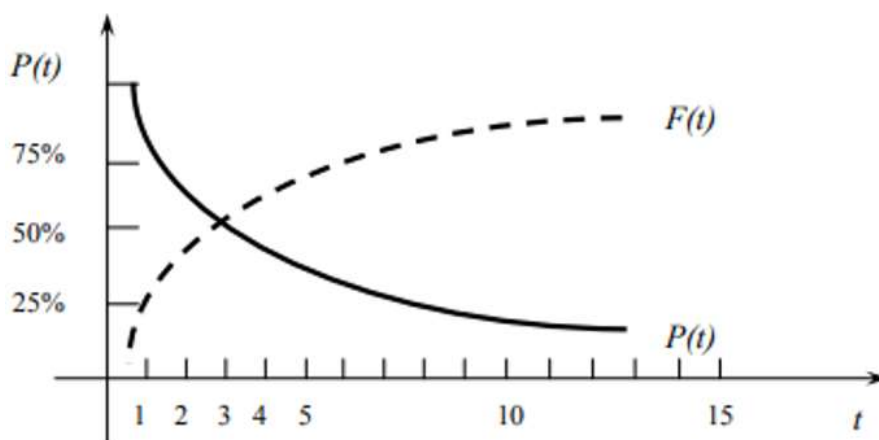


Рис. 1. Функция надежности  $P(t)$  и функция распределения  $F(t)$  случайной величины для экспоненциального распределения

2. Запас надежности (КТ): Потенциальная возможность станка по сохранению работоспособности.

$$KT = T_p - t,$$

где  $T_p$  – планируемый ресурс станка;  $t$  – текущее время.

3. Резерв станка по выходному параметру ( $\delta T$ ): Запас станка по выходному параметру, который определяет его способность сохранять точность обработки.

$$\delta T = T_p - T_0,$$

где  $T_p$  – планируемый ресурс станка;  $T_0$  – текущий ресурс станка.

4. Скорость изменения резерва станка ( $\gamma T$ ): Скорость изменения резерва станка по выходному параметру.

$$\gamma T = \frac{\delta T}{T_p},$$

где  $\delta T$  – резерв станка по выходному параметру;  $T_p$  – планируемый ресурс станка.

5. Скорость изменения коэффициента резерва ( $\gamma K$ ): Скорость изменения коэффициента резерва станка по выходному параметру.

$$\gamma K = \frac{\Delta K}{K_p},$$

где  $\Delta K$  – изменение коэффициента резерва;  $K_p$  – планируемый коэффициент резерва.

6. Ресурс станка (ТР): Нарботка в часах до потери точности обработки.

$$T_p = \frac{T_{\text{раб}}}{K_{\text{ти}}}$$

где  $T_{\text{раб}}$  – суммарное время работы станка за некоторый период эксплуатации;  $K_{\text{ти}}$  – коэффициент технического использования.

Нормирование показателей надежности МЦС с ЧПУ включает установление предельных значений для каждого из выходных параметров станка. Эти параметры определяют его работоспособное состояние и включают точность обрабатываемых поверхностей, режимы резания, нагрузки и величины перемещений рабочих органов.

**С помощью кривой нормального распределения можно определить вероятное количество годных деталей** при обработке партии заготовок. Также, зная номинальный размер обработки и допуск на него, по площади кривой нормального распределения можно рассчитать процент возможного брака.

Обеспечение высокой технологической надежности МЦС с ЧПУ является важной задачей для любого машиностроительного предприятия. Введение и нормирование показателей надежности, перечисленных в данной статье, позволяет эффективно прогнозировать и поддерживать работоспособное состояние станков, что способствует повышению качества и производительности обработки деталей.

Металлорежущие станки с числовым программным управлением (МЦС с ЧПУ) играют ключевую роль в современном машиностроении, обеспечивая высокую точность и производительность обработки деталей. Однако, несмотря на их важность, существует ряд актуальных проблем, связанных с их надежностью и нормированием показателей.

### **Основные проблемы**

1. **Устаревшее оборудование:** Значительная часть станков в машиностроительном комплексе имеет средний возраст 20 и более лет. Это приводит к снижению эффективности работы и надежности выпускаемых машин.

2. **Нехватка квалифицированных кадров:** Средний возраст работников отрасли превышает 50 лет, что свидетельствует о снижении интереса к инженерным специальностям

среди молодого поколения. Это ограничивает возможности отрасли адаптироваться к меняющимся технологическим условиям.

3. **Недостаточная государственная поддержка:** до 2014 года предприятия преимущественно выбирали готовые решения зарубежных компаний, что свидетельствует о недоверии к отечественным возможностям. Последующий переход к разработке отечественного программного обеспечения и оборудования требует надежных механизмов поддержки.

4. **Глубокая специализация:** Каждое предприятие придерживается строго определенной номенклатуры продукции, что ограничивает возможности отрасли по удовлетворению широкого спектра потребностей и делает ее уязвимой к колебаниям в отдельных секторах экономики.

5. **Отсутствие интеграции:** Исторически сложившееся единство машиностроительных предприятий как интегрированных комплексов разрушилось, уступив место фрагментарности. Это препятствует эффективному обмену знаниями, ресурсами и передовым опытом.

Отсутствие интеграции в машиностроительной отрасли является одной из ключевых проблем, которая существенно влияет на показатели надежности станков с ЧПУ и их нормирование. Исторически сложилось так, что машиностроительные предприятия функционировали как интегрированные комплексы, где обмен знаниями, ресурсами и передовым опытом был естественным процессом.

Однако с течением времени эта структура разрушилась, уступив место фрагментарности. В результате каждое предприятие стало придерживаться строго определенной номенклатуры продукции, что ограничивает возможности отрасли по удовлетворению широкого спектра потребностей и делает ее уязвимой к колебаниям в отдельных секторах экономики.

Отсутствие интеграции приводит к следующим негативным последствиям для надежности станков с ЧПУ:

1. **Недостаток обмена опытом:** Каждое предприятие работает в изоляции, что затрудняет обмен знаниями и передовыми практиками. Это снижает общий уровень технологической осведомленности и не позволяет внедрять лучшие практики в области надежности станков.

2. **Ограниченные ресурсы:** Фрагментация отрасли приводит к тому, что предприятия не могут эффективно использовать общие ресурсы и технологии. Это ограничивает возможности для модернизации и повышения надежности оборудования.

3. **Снижение качества продукции:** Недостаток обмена знаниями и ресурсами приводит к тому, что предприятия не могут гарантировать стабильное качество продукции.

#### **Список литературы**

1. Горбунов В.П., Рудюк А.Н. «Показатели надежности металлорежущих станков с ЧПУ и их нормирование» Брестский государственный технический университет, 2023.

2. Иванов И.И. «Технологическая надежность станков с ЧПУ» Машиностроение, 2022.

3. Петров П.П. «Нормирование показателей надежности станков с ЧПУ» Машиностроение, 2021.

4. Сидоров С.С. «Расчет показателей надежности станков с ЧПУ» Машиностроение, 2020.