

УДК 621.952

В.И. Головин, аспирант,

А.О. Харченко, канд. техн. наук, доцент

Севастопольский национальный технический университет,

г. Севастополь, Стрелецкая балка, Студгородок

E-mail: vig220@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОДСИСТЕМ ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Рассматриваются результаты проведенных экспериментальных исследований эксплуатационной надежности подсистем электроинструмента при сверлении глубоких отверстий. Приведены описание и схема экспериментальной установки. Полученные результаты сведены в таблицы и построены зависимости относительных частот распределения времени между отказами и восстановлениями подсистем электроинструмента. Сделан вывод о законе распределения параметров надежности. Показаны наиболее и наименее надежные подсистемы. В перспективе предложено проведение машинного эксперимента для уточнения полученных данных и дальнейшего исследования данной задачи.

Процесс сверления отверстий, в особенности глубоких, в труднообрабатываемых материалах связан с необходимостью применения инструментов, режимов и методов обработки, а также рациональных конструкций электроинструмента. Методика оценки эксплуатационной надежности электроинструмента с учетом большого числа различных факторов достаточно сложна и трудоемка. Несмотря на имеющиеся теоретические предпосылки, она не доведена до инженерного уровня. Приводимые в технической литературе эмпирические зависимости справедливы для определенных условий обработки и не учитывают широких возможностей применения данного вида технологического оборудования. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при сверлении глубоких отверстий, когда отношения глубины сверления к диаметру сверла больше 5.

С целью исследования интенсивностей отказов функционирования и интенсивностей восстановлений подсистем электроинструмента был проведен полный факторный эксперимент типа 2^n для выявления экстремальных условий работы. Обрабатывались сквозные отверстия в заготовках из сталей 34ХНЗМ, 12Х21Н5Т, ЭИ395, ВТ3. Исследования проводились в лабораторных условиях на экспериментальной установке, изображенной на рисунке 1.

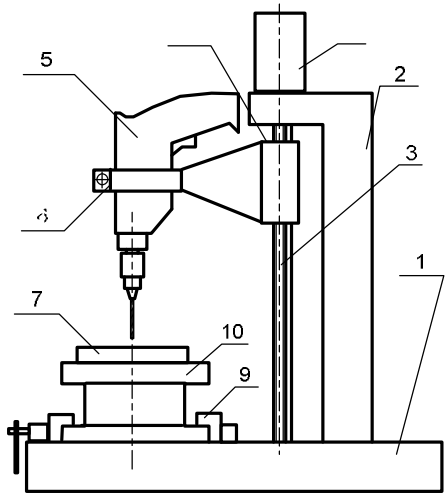


Рисунок 1 – Экспериментальный стенд обработки отверстий в деталях различного вида

В состав экспериментального стенда входят основание 1, кронштейн 2, на котором крепится рабочий электроинструмент 5 (сверлильная машина МС4-10-РЭ, ударно-сверлильная машина МСУ3-13РЭ). Он крепится хомутом 6 на ползуне 4, вертикальное перемещение которого обеспечивается шаговым двигателем 8 (типа ДШР40). Заготовка 7 устанавливается на основании с помощью механических тисков 9. Для измерения крутящих моментов при сверлении применяется однокомпонентный динамометр 10.

Экспериментальные значения по результатам исследования каждой из отказывающих подсистем приведены в таблице 1. Математическое ожидание времени между двумя отказами $M[T]$ приближается

по величине к дисперсии $D[T]$. Данные об относительных частотах распределения использовали для построения графиков $h(T_n)$, $h(T_k)$, $h(T_3)$ (рисунок 2).

Таблица 1 – Экспериментальные значения параметров потоков отказов функционирования подсистем электроинструмента

Подсистемы	Математическое ожидание $M[T_n]$, мин	Дисперсия $D[T_n]$
Привод	828	867
Корпус	1270	1112
Электрооборудование	478	435

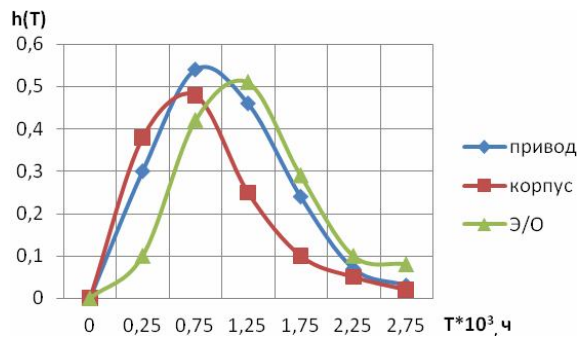


Рисунок 2 – Относительные частоты распределения времени между отказами функционирования подсистем электроинструмента

В большинстве случаев относительные частоты $h(T)$ приближаются к экспоненте. Проверка по критерию Бартлетта (таблица 1) подтверждает обоснованность применения экспоненциального распределения при описании потоков отказов функционирования подсистем электроинструмента при эксплуатации по экстремальному уровню, т.е. в наиболее тяжелых условиях.

Таблица 2 – Результаты экспериментальной оценки применимости гипотезы экспоненциального распределения отказов функционирования подсистем

Определяемый параметр		Подсистема		
		Привод	Корпус	Электрооборудование
Двусторонний критерий	$\chi^2_{0,95}$	77,92	22,46	39,86
	$\chi^2_{0,05}$	128,34	49,70	73,31
Критерий Бартлетта	B_n	82,23	39,37	44,56

Время восстановления каждой подсистемы или элемента после отказа функционирования, являющееся дискретной случайной величиной, обследовались в производственных условиях (для привода – $T_{Вп}$, корпуса – $T_{Вк}$, электрооборудования – $T_{Вэ}$). Экспериментальные значения времени восстановления привода ($T_{Вп}$), корпуса ($T_{Вк}$) и электрооборудования ($T_{Вэ}$) приведены в таблице 3. Восстановление работоспособности подсистем и элементов производили обслуживающим персоналом ручным способом. Распределение времени восстановления после отказа функционирования привода ($T_{Вп}$) и электрооборудования ($T_{Вэ}$) по объему выполняемых мероприятий поясняется диаграммой на рисунке 3. Так, наибольшую часть времени составляет процесс диагностики отказа (50...56 %), причем его доля возрастает при усложнении технических устройств и подсистем. Снижению этого показателя способствует развитие и совершенствование методов диагностирования, накопление в базах данных необходимой информации. Мощную долю в процессе восстановления занимает индикация отказа (8...10 %), ремонт (15 %) и настройка (21 %).

Данные об относительных частотах распределения времени восстановления $h(T_B)$ использовали для построения графиков $h(T_{Вп})$, $h(T_{Вк})$, $h(T_{Вэ})$ (рисунок 4). Анализ графических зависимостей, а также проверка по критерию Бартлетта подтверждают возможность экспоненциального распределения при описании потоков восстановления надежности после отказов функционирования.

Таблица 3 – Экспериментальные значения времени восстановления подсистем

Параметр	Привод	Корпус	Электрооборудование
Математическое ожидание $M[T_B]$, мин	10,4	5,66	12,39

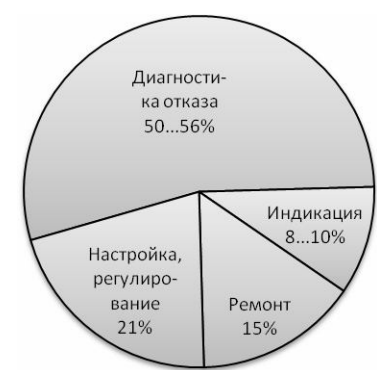


Рисунок 3 – Распределение объема мероприятий по восстановлению электроинструмента после отказа функционирования

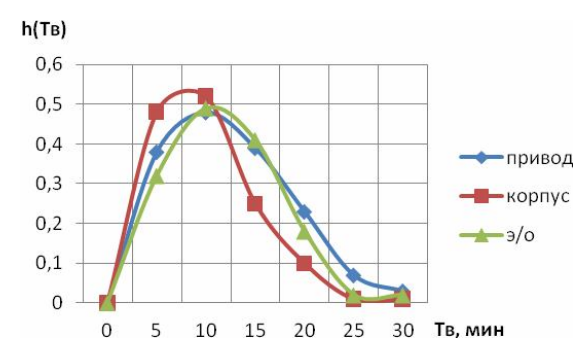


Рисунок 4 – Относительные частоты распределения времен и восстановления подсистем электроинструмента

Проведенные исследования и результаты расчетов интенсивностей потоков отказов и восстановлений (таблица 4) выявили наиболее слабые с точки зрения эксплуатационной надежности подсистемы электроинструмента.

Таблица 4 – Значения интенсивностей отказов функционирования и восстановления после отказов подсистем электроинструмента

Подсистемы	Интенсивности	
	отказов λ , мин ⁻¹	восстановлений μ , мин ⁻¹
Привод	0,0012	0,096
Корпус	0,0008	0,177
Электрооборудование	0,0021	0,081

Так, наиболее высокая интенсивность отказов $\lambda = 0,0021$ мин⁻¹ зафиксирована у подсистемы электрооборудования, наименьшая у подсистемы корпуса ($\lambda = 0,0008$ мин⁻¹). Наиболее высокая интенсивность восстановления характерна для корпуса ($\mu = 0,177$ мин⁻¹), наиболее низкая – для привода ($\mu = 0,096$ мин⁻¹) и электрооборудования ($\mu = 0,081$ мин⁻¹). Однако окончательный вывод относительно эффективности тех или иных вариантов без оценки вероятностей безотказной работы и вероятностей отказа каждой подсистемы делать преждевременно.

В перспективе предполагается проведение машинного эксперимента, который позволит более точно оценить надежность каждой из подсистем системы электроинструмента с учетом параметров потоков отказов и восстановлений, что и составляет предмет дальнейших исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Головин В.И. Оценка надежности электроинструмента с использованием размеченного графа состояний // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2006. — Вып. 9 — С. 133 – 139.
2. Заковоротный В.Л. Система оптимального управления процессом глубокого сверления отверстий малого диаметра / В.Л. Заковоротный, Т.С. Санкар, Е.В. Бордачев. // Станки и инструмент. — 1995. — № 1. — С. 11 – 14.
3. Решетов Д.Н. Надежность машин: Учеб. пособие для вузов / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев; Под ред. Д.Н. Решетова. — М.: Высш. шк., 1988. — 238 с.

Поступила в редакцию 23.03.2007 г.