

©Мовшович А.Я., Резниченко Н.К., Ищенко Г.И., Агорков В.В.

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫХ ШТАМПОВ В УСЛОВИЯХ ДИСКРЕТНО-НЕСТАБИЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВЫПУСКА ИЗДЕЛИЙ**

### **1. Постановка проблемы**

Непрерывное повышение требований, предъявляемых к рабочим параметрам изделий, конструктивное изменение нормы деталей при одновременном ускорении темпов освоения производства новых более совершенных изделий приводит к росту объемов затрат на технологическую подготовку производства.

В условиях перехода промышленности к рыночным методам хозяйствования сокращение сроков постановки изделий на производство должно достигаться за счет использования более совершенных технологических процессов, расширения возможностей действующего оборудования, применение универсальных средств технологического оснащения при минимизации материальных затрат и обеспечения высокого качества изделий [1].

Появление и развитие новых видов прогрессивной высокопроизводительной штамповой оснастки поставили перед наукой и производством ряд новых проблем.

### **2. Цель исследования**

Целью исследования является изучение возможности повышения надежности и долговечности штампов применительно к новым задачам и эксплуатационным условиям.

Существующие традиционные методы анализа и оценки надежности

штампов, ориентированные на простые сочетания элементов и узлов, не могут в полной мере удовлетворить потребности анализа надежности и долговечности сложной системы обратимых штампов для листоштамповочного производства. Необходимо развитие методов оценки, анализа и обеспечения надежности обратимых штампов с учетом их специфики (возможность перестроения структуры, сокращение работоспособности при экспериментальных условиях эксплуатации, изменении в широких пределах параметров штампуемых деталей и серийности производства), основанных на современных положениях и математических методах теории надежности и использовании статических методов исследования.

### **3. Изложение основного материала**

Поставленные задачи решались экспериментально-аналитическим путем на базе научных основ технологии машиностроения, теории надежности, механики трения и износа [4].

Количественные характеристики надежности системы универсально-сборных штампов оценивали на основании экспериментальных данных и аналитического расчета. Испытаниям подверглись выборки их генеральной совокупности, по их результатам делался вывод о надежности всей генеральной совокупности.

Исчерпывающей характеристикой надежности системы универсально-сборных штампов, для которых характерна непрерывная работа в течении длительного промежутка времени, служит закон распределения времени безотказной работы. Если известен вид закона и его параметры, то можно легко определить любую интересующую нас характеристику надежности.

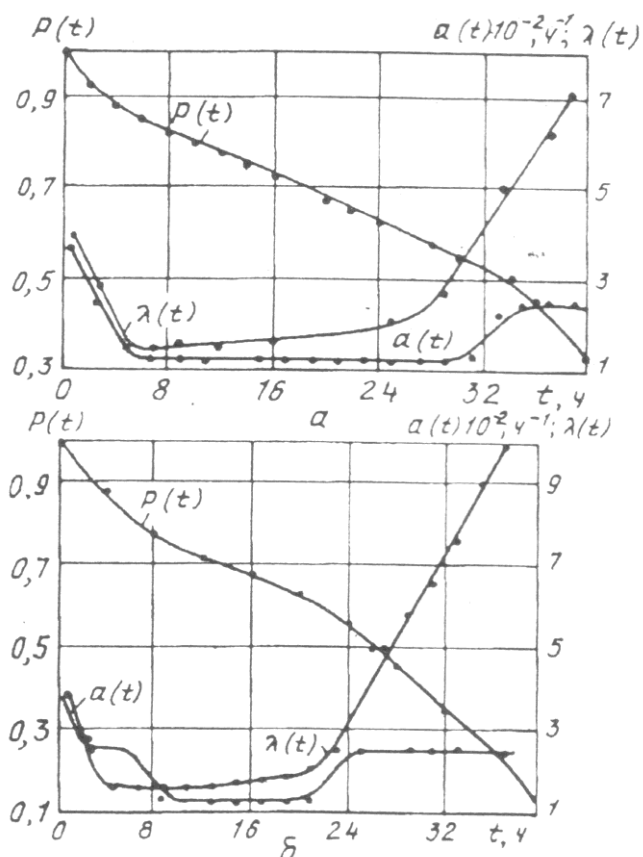
Испытания на надежность проводили в производственных условиях Харьковского научно-исследовательского института Технологии машиностроения. В процессе экспериментов в качестве штампуемого материала применяли стали марок Ст3, Ст5, 45, 1Х18Н10Т толщиной от 1 до 10 мм.

В испытаниях на надежность использовали 80 компоновок универсально-

сборных штампов для однооперационной вырубке-пробивки (по 40 компоновок каждого вида). В качестве материала для изготовления рабочих частей обратимых штампов применяли сталь X12M, термообработанную до твердости 58-62 HRC.

Каждому диапазону толщин соответствовало 10 компоновок. При этом компоновки универсально-сборных штампов испытывали в диапазоне толщин 4-10 мм. Продолжительность испытаний на надежность составляла для универсально-сборных штампов 40ч, что соответствовало в среднем 16-20 тыс. отштампованных деталей. Время испытаний выбрано исходя из стойкости рабочих элементов и определялось из реальных условий эксплуатации системы обратимых штампов на предприятиях отрасли при серийном изготовлении листовых деталей [2].

Работа компоновок считалась надежной, а компоновка работоспособной до момента выхода из строя какого-либо из элементов, агрегатных узлов и модулей, либо потери точностных параметров штамповки.



**Рис. 1** – Характеристики надежности работы компоновок однооперационных универсально-сборных штампов: а - вырубка, б – пробивка; ●-внезапный отказ; x-износный отказ

#### 4. Анализ результатов исследования

Испытания были организованы по схеме  $N, B, T$ , где  $N$  — число испытываемых компонок,  $B$  — означает, что отказавшие элементы или узлы не восстановились,  $T$  — испытания проводили в течении фиксированного промежутка времени. В процессе испытаний определялось распределение времени не только до всех возможных отказов, но и отдельно — до отказов каждого вида функциональных единиц системы. Полученные в результате экспериментов данные графически изображены на рис. 1.

Кривые  $P(t)$ , характеризующие безотказность работы компонок системы универсально-сборных штампов, позволяют определить  $P(t)$ , т.е. время безотказной работы с вероятностью  $P$ , в течение которого откажут в среднем  $P \times 100$  % работающих компонок. При этом надежность компонок универсально-сборных штампов для вырубки выше, чем у пробивных штампов. Так для вероятности 0,5 время безотказной работы вырубных компонок в 1,5 раза больше, чем у пробивных при прочих равных условиях.

Анализируя характер изменения интенсивности  $\lambda(t)$  и частоты отказов  $a(t)$ , видим, что повышение  $P(t)$  допустимо, главным образом, за счет уменьшения отказов износного вида, т.е. является следствием повышенной стойкости вырубных компонок. Интенсивность отказов, а следовательно, и безотказной системы универсально-сборных штампов зависят от надежности шпоночно- болтового соединения элементов и модулей конструкции (см. таблицу).

Статическая оценка внезапных отказов компонок однооперационных универсально-сборных штампов для вырубки- пробивки при различных значениях усилия затяжки шпоночно-болтового соединения

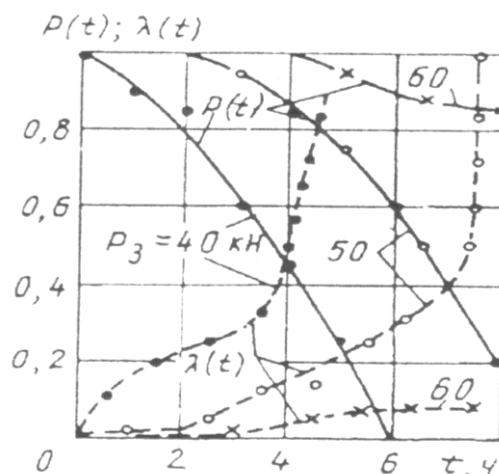
Усилие затяжки, кН	Количество внезапных отказов в интервале времени, ч							
	0 — 1	1 — 2	2 — 3	3 — 4	4 — 5	5 — 6	6 — 7	7 — 8
40	2	3	3	3	4	5	-	-
50	-	-	1	2	2	3	4	4
60	-	-	-	-	1	1	-	1

Испытывали по 20 компонок универсально-сборных штампов для

каждого диапазона усилий затяжки шпоночно-болтового соединения.

На рис. 2 показана графическая зависимость безотказности работы компонок универсально-сборных штампов от усилия затяжки  $P_3$  и времени работы  $t$ . Как видно из графиков, при недостаточном усилии затяжки интенсивность отказов резко возрастает, что приводит к снижению надежности компонок. Время между соседними отказами в системе универсально-сборных штампов является непрерывной случайной величиной. Эта случайная величина будет полностью определена, если известна ее функция распределения.

Поскольку одна из количественных характеристик надежности системы универсально-сборных штампов, а именно частота отказов, является



**Рис. 2** – Изменение интенсивности отказов  $\lambda(t)$  (---) и безотказности работы  $P(t)$  (-) компонок обратимых штампов в зависимости от усилия затяжки  $P_3$  шпоночно-болтового соединения

дифференциальным законом распределения времени между соседними отказами, то время между ними наиболее целесообразно характеризовать производной от функции распределения, т. е. дифференциальным законом распределения.

Так как закон распределения времени между отказами позволяет определить все основные количественные характеристики надежности, то он является важнейшей характеристикой потока отказов.

Из анализа экспериментов вытекает, что при работе компоновок системы обратимых универсально-сборных штампов для разделительных операций листовой штамповки имеют место приработочные, внезапные и износные отказы. Приработочные отказы связаны, главным образом, со скрытыми дефектами конструктивных элементов универсально-сборных штампов. Их действие проявляется в течении 2 – 4 ч работы компоновок. Внезапные отказы возникают в результате действия пиковых нагрузок и приводят к различного рода поломкам и нарушению взаимного расположения элементов системы. В то же время по мере возрастания времени работы компоновок происходят процессы старения и износа режущих элементов, которые приводят к износным отказам.

Из анализа полученных результатов (рис. 3) видно, что отклонения интенсивностей внезапных отказов от их средних значений незначительные и с достаточной для практики точностью можно считать интенсивности внезапных отказов величинами постоянными и равными их средним значениям:

$$\lambda_{\text{в}} = 0,0169 = \text{const}; \lambda_{\text{н}} = 0,0167 = \text{const}.$$

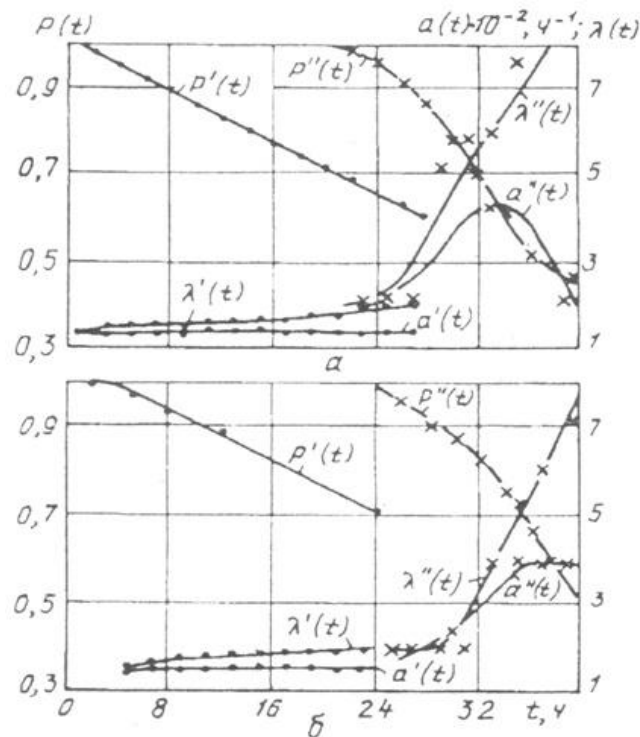
Из теории надежности известно [3], что условие  $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$  справедливо при экспоненциальном законе распределения времени возникновения отказов. По этому закону зависимости между основными количественными характеристиками надежности следующие:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt} = e^{-\lambda t};$$

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t};$$

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t};$$

$$T = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = -\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda}.$$



**Рис. 3** – Кривые вероятности безотказной работы: а- пробивка; вырубка; внезапный отказ; износный отказ.

Из рис. 3 следует, что по мере увеличения общей продолжительности работы компоновок к внезапным отказам начинают добавляться отказы износного характера. При этом интенсивность отказов начинается с нуля и с течением времени возрастает. Это означает, что поток отказов не является стационарным и имеет место износ элементов, для которых справедлив закон усеченного нормального распределения времени возникновения отказов.

### Выводы

При эксплуатации компоновок однооперационных универсально-сборных штампов для вырубki – пробивки наблюдается совместное действие экспоненциального и нормального законов распределения отказов.

Физически это соответствует комбинации двух видов отказов: внезапных и износных.

При совместном рассмотрении отказов имеют место следующие зависимости:

$$P(t) = P'(t) \cdot P''(t), \lambda(t) = \lambda'(t) + \lambda''(t),$$

где  $P'(t), \lambda'(t), P''(t), \lambda''(t)$  – вероятность безотказной работы и интенсивность отказов при экспоненциальном и нормальном расположении.

Получение зависимости  $P(t)$  и  $\lambda(t)$  позволяют оценить вероятность того, что в пределах заданного времени  $t=T$  при регламентированных режимах работы и условиях эксплуатации компоновок отказов не возникает.

#### **Список использованных источников:**

1. Мовшович А. Я. Листовая штамповка деталей в тяжелом машиностроении / А. Я. Мовшович, Н. В. Шепельский. – М: НИИИнформтяжмаш, 1966. – 51 с.

2. Мовшович А. Я. Исследование надежности и долговечности универсально-сборных штампов / А. Я. Мовшович, Н. Д. Жолткевич // Вопросы оборонной техники. – 1991. – Сер. 17, вып 123. – С. 46-51.

3. Романовский В. П. Надежность и долговечность системы универсально-сборных штампов / В. П. Романовский // Вестник машиностроения. – 1972. – № 6. – С. 61–64.

4. Попов Е. А. Основы теории штамповки / Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1977. – 423 с.

***Мовшович А.Я., Резниченко Н.К., Ищенко Г.И., Агорков В.В.*** «Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий».

В статье приведены критерии оценки надежности универсально-сборных штампов, исследованы законы распределения отказов и времени их безотказной работы.

***Ключевые слова:*** универсально-сборные штампы, внезапные и износные отказы, безотказная работа, надежность, долговечность.

***Мовшович О.Я., Резніченко М.К., Іщенко Г.І., Агорков В.В.*** «Оцінка



надійності універсально-збірних в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів».

В статті приведені критерії оцінки надійності універсально-збірних штампів, досліджені закони розподілу відмов і часу їх безвідмовної роботи.

**Ключові слова:** універсально-збірні штампи, раптові і зносіві відмови, безвідмовна робота, надійність, довговічність.

***Movshovich A.Y., Reznichenko N.K., Ischenko G.I., Agorkov V.V.*** “Estimation of reliability of the system-built stamps in the conditions of the discrete-unstable programs of issue of wares”.

The criteria of estimation of reliability of the system-built stamps are resulted. In the article, the laws of distributing of refuses and time of their faultless work are investigational.

**Key words:** system-built stamps, sudden and wear refuses, faultless work, reliability, longevity.

Стаття надійшла до редакції 3 листопада 2010 року