

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. академика С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТОЧНОСТИ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Лабораторная работа

САМАРА 2010

Составители: Крашенинников К.П.

УДК 621.9.62

Исследование надежности технологической системы по обеспечению точности геометрических параметров: Метод. указания/Сост. Крашенинников К.П.; СГАУ, Самара, 2010 - 9 с.

Методические указания содержат краткое изложение теории оценки надежности технологической системы по параметрам точности. Показан опытно-статистический метод определения параметров точности.

Указания предназначены для бакалавров, обучающихся по учебному плану специальности 151900.62.

Цель работы – закрепить раздел курса, посвященный оценке надежности технологической системы (ТС) в части обеспечения параметров качества изготавливаемой продукции и сообщить студентам практические навыки в проведении таких оценок.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Оценка надежности ТС.

Общие требования к методам оценки надежности ТС регламентируются ГОСТ 27.203-83.

Оценка надежности ТС, будь то отдельные операции или технологические процессы, производится на стадиях их проектирования или эксплуатации. Такая оценка выполняется с целью выбрать оптимальный по надежности вновь создаваемый техпроцесс или поддержать необходимый уровень надежности действующего. Оценка надежности действующих ТС включает определение фактических значений показателей надежности и проверку выполнения требований по надежности.

Результаты оценки надежности ТС могут быть использованы

- при нормировании показателей надежности для вновь создаваемых ТС;
- при разработке и определении эффективности мероприятий, направленных на повышение надежности ТС;
- для оптимизации методов эксплуатации, обслуживания и ремонта средств технологического оснащения;
- для определения периодичности замены обрабатываемых инструментов;
- при установлении факторов и причин, приводящих к отказам ТС по надежности.

Оценка показателей надежности ТС обычно производится на основе опытных (статистических) данных, получаемых при испытаниях ТС, а также по результатам контроля или испытаний изготовленной на данной ТС продукции. Для вновь разрабатываемых ТС оценка их надежности может проводиться по данным о надежности уже действующих аналогичных ТС.

В зависимости от цели, с которой проводится оценка надежности ТС, она может быть осуществлена для одного цикла функционирования ТС, на период изготовления одной партии деталей или на время установленного объема работ (смена, месяц, год).

Оценка надежности ТС может быть выполнена с позиций обеспечения качества изготавливаемой продукции, либо производительности, либо величины затрачиваемых ресурсов.

В данной работе подробно рассматриваются оценки надежности ТС с точки зрения обеспечения качества изготовления. Следует заметить, что эти оценки распространяются не только на параметры качества изготавливаемой продукции, но и на параметры технологического процесса, обеспечивающие достижение заданного качества. Методика оценки надежности ТС в этих случаях выбирается, исходя из критериев отказов, которыми являются:

- выход параметров или режимов техпроцесса или отдельной операции за установленные в технической документации границы (например, при проведении термической или химикотермической обработки);

- выход одного из показателей качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные в конструкторской или технологической документации;

- несоблюдение на контрольных операциях, выполняемых в рамках данной ТС, установленных нормативов контроля.

Как видно из изложенного, под характеристиками качества следует понимать широкий круг параметров, его характеризующих. Так, применительно к изготавливаемой детали параметрами качества будут материал и его прочностные и прочие показатели, характеристики покрытия, геометрические параметры с их номиналами и допусками, описывающие размеры, форму и взаиморасположение поверхностей, параметры качества поверхностей (шероховатость, наклеп, остаточные напряжения) и др.

Состояние ТС по параметрам качества признается работоспособным, если выполняется условие

$$S(t) \subset \tilde{S} \Rightarrow \{Q(t) \subset \tilde{Q}\}$$

где $S(t)$ – состояние ТС в момент времени t ;

\tilde{S} - множество допустимых состояний ТС;

$Q(t)$ – значения параметра качества в момент времени t ;

\tilde{Q} - множество допустимых значений параметров качества, при которых ТС считается работоспособной.

Условие безотказности ТС по j – му параметру качества за наработку T записывается, как известно, в следующей форме

$$E_{ij} \leq y_j(t) \leq E_{sj} \text{ для всех } t \in (0, T),$$

где E_{ij} , E_{sj} – соответственно нижнее и верхнее предельное отклонения для j -го параметра качества, устанавливаемые в технологической документации;

$Y_j(t)$ – значение j – го параметра качества в момент времени t .

Вероятность P выполнения задания по j – му параметру определяется выражением

$$P\{E_{ij} \leq y_j(t) \leq E_{sj}\} \leq P_j(t) \quad (1)$$

Поскольку технологический процесс должен обеспечить выполнение всех m параметров качества, заданных рабочим чертежом, то вероятность $P(t)$ выполнения задания ТС по всем m параметрам определяется как

$$P(t) = \prod_{j=1}^{j=m} P_j(t).$$

Для оценки показателей надежности по параметрам качества в зависимости от вида ТС и целей оценки используются расчетные, опытно-статистические, регистрационные или экспертные методы.

Расчетные методы основаны на использовании закономерностей изменения во времени факторов, влияющих на тот или иной параметр качества (например, износ инструмента, нагрев обрабатываемой заготовки или инструмента и др.).

Опытно-статистические (измерительные) методы основаны на использовании данных измерений показателей качества изготавливаемой продукции, полученных в результате специального выборочного обследования. Регистрационные методы основаны на анализе информации, регистрируемой, например, контрольными службами цехов.

Экспертные методы используют результаты экспертиз, проводимых оценки надежности данной ТС.

1.2. Оценка надежности ТС по параметрам точности.

Одним из важнейших параметров, определяющих надежность большинства ТС, являются точностные параметры выпускаемой продукции. Целью оценки ТС по параметрам точности является определение возможности применения рассматриваемой ТС для изготовления продукции с определенными точностными характеристиками, оценка их изменения во времени и определение их соответствия требованиям технической документации.

Оценку надежности ТС по параметрам точности производят по результатам контроля точности. В процессе анализа точности и стабильности техпроцесса или отдельной операции определяют или уточняют

- характер изменения точности во времени;
- зависимости между точностными параметрами изготавливаемой продукции и параметрами ТС;
- оптимальную стратегию обслуживания ТС (например, определение периодичности смен инструмента, подналадок).

Контроль точности ТС проводится по альтернативному или количественному признаку. В первом случае проверяют соответствие действительных параметров заданным. Во втором случае необходимо определить значение показателей точности.

1.3. Основные показатели точности.

К основным показателям точности относятся коэффициенты точности, мгновенного рассеивания, смещения и запаса точности по контролируемому параметру.

Коэффициент точности K_m по контролируемому параметру определяется соотношением

$$K_m = \omega/T, \quad (2)$$

где ω – поле рассеивания контролируемого параметра за наработку T .

Для закона нормального распределения $\omega = 6\sigma$,
 где σ – среднеквадратическое отклонение;
 T – допуск на параметр.

Коэффициент мгновенного рассеивания K_p по контролируемому параметру

$$K_p = \omega(t)/T, \quad (3)$$

где $\omega(t)$ – поле рассеивания контролируемого параметра в момент времени t .

Коэффициент смещения K_c контролируемого параметра

$$K_c = \bar{\Delta}(t)/T \quad (4)$$

где $\bar{\Delta}(t)$ – среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени t .

$$\bar{\Delta}(t) = |\bar{x}(t) - x_0|, \quad (5)$$

где $\bar{x}(t)$ – среднее значение контролируемого параметра;

x_0 – значение параметра, соответствующее середине поля допуска (при симметричном расположении поля допуска значение x_0 совпадает с номинальным $x_{ном}$ значением параметра).

Коэффициент запаса точности K_3 по контролируемому параметру

$$K_3(t) = 0.5 - K_c(t) - 0.5 K_p(t) \quad (6)$$

Для обеспечения надежности ТС по параметрам точности необходимо, чтобы в любой момент времени (в пределах установленной наработки) выполнялись требования:

$$K_T = K_{T_0} < 1 \quad (7)$$

где K_{T_0} – нормативное значение K_T ;

$$K_3(t) > 0 \quad (8)$$

1.4. Опытно-статистический метод определения параметров точности ТС.

Среди упомянутых в п. 1.1. методов оценки показателей надежности ТС по параметрам качества наиболее информативным является опытнo-статистический. Рассмотрим его применение при определении параметров точности ТС.

Определение параметров точности ТС опытнo-статистическим методом производится на основе статистической обработки мгновенных выборок. Мгновенной выборкой, как известно, называют несколько (5...7 шт.) подряд обработанных заготовок из партии.

1.4.1. Расчет среднего значения \bar{x} и среднеквадратического отклонения σ по одной выборке

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (9)$$

где n - число заготовок в выборке;

x_i - действительный размер после обработки заготовки.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_j)^2}{n-1}} \quad (10)$$

1.4.2. Расчет среднего значения \bar{x}_{II} и среднеквадратического отклонения σ_{II} по нескольким мгновенным выборкам

$$\bar{x}_{II} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m}, \quad (11)$$

где \bar{x}_j - среднее значение размера в j - й мгновенной выборке;

m - число мгновенных выборок.

$$\sigma_{II} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sigma_j^2}{m} + \frac{\sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \bar{x}_{II})^2}{m}}, \quad (12)$$

где σ_j - среднеквадратическое отклонение в j - й мгновенной выборке.

1.4.3. Целесообразно провести оценку достоверности полученных значений параметров.

Оценку достоверности проводят методом доверительных интервалов, исходя из общего объема выборки n . Доверительным интервалом для величины x будет интервал $I_{\bar{x}}$

$$I_{\bar{x}} = (\bar{x} - \varepsilon \div \bar{x} + \varepsilon) \quad (13)$$

в котором $\varepsilon = t_\gamma \delta / \sqrt{n}$,

где t_γ - квантиль распределения Стьюдента, определяемый для заданной доверительной вероятности γ в зависимости от уровня значимости $\alpha = 1 - \gamma$ и числа степеней свободы $K = n - 1$ (см. табл. 1).

Таблица 1 Значение квантилей распределения t_γ Стьюдента

К	0,1	0,06	0,01
1	6,314	12,706	63,657
2	2,920	4,303	9,925
3	2,353	3,182	5,841
4	2,132	2,776	4,604
5	2,015	2,571	4,032
6	1,943	2,447	3,707
7	1,895	2,365	3,499
8	1,860	2,306	3,355

Обычно доверительная вероятность γ принимается достаточно большой, равной 0,9; 0,95; 0,99. Выбор γ зависит от уровня требований.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Необходимо оценить надежность технологической операции «Шлифовальная» посадочной (базовой) цилиндрической поверхности детали «Форсунка». Эта деталь из-за большой программы выпуска изготавливается в условиях крупно-серийного производства. Поэтому заготовки форсунок запускаются в производство не партиями, а непрерывно, а их обработка осуществляется на специализированных станках, работающих только постройке.

Операция шлифования базовой цилиндрической поверхности форсунок выполняется на бесцентрово-шлифовальном станке методом врезания. Конечное положение режущего шлифовального круга регулируется с помощью соответствующего упора. По мере износа круга и утраты им режущих свойств, круг подвергается правке, после чего регулируется положение упора для достижения требуемого размера обрабатываемой заготовки. Правка круга и подналадка станка (установка упора) производятся в течение смены несколько раз.

Размер и требуемая точность обрабатываемой поверхности форсунки – $\varnothing 15_{-0,027}$ мм.

В течение одного часа в ходе обработки заготовок форсунок сделано три мгновенных выборки по 5 шт. деталей в каждой. Выборки сделаны в начале, середине и конце указанного временного интервала. В распоряжение студентов предоставляются результаты измерения диаметра обработанной поверхности по каждой из деталей выборки. Измерения выполнены миниметром с точностью до 0,001 мм.

Студентам предлагается, используя опытно-статистический метод, определить параметры точности рассматриваемой операции, выполнить необходимые расчеты и дать заключение в надежности этой операции.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Ознакомиться с данными измерения обработанной цилиндрической поверхности из мгновенных выборок. Результаты измерения представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Диаметральные размеры обработанной поверхности

№ детали в мгновенной выборке	№ мгновенной выборки		
	1	2	3
1	14,974	14,982	14,994
2	14,978	14,983	14,988
3	14,976	14,984	14,985
4	14,975	14,982	14,986
5	14,980	14,980	14,992

3.2. Выполнить математическую обработку результатов измерения. При этом необходимо рассчитать величины \bar{x}_{Π} и σ_{Π} , используя зависимости (9), (10), (11) и (12).

3.3. Определить, используя зависимости (2), (3), (4), (5) и (6), коэффициенты K_T , K_p , K_c и K_z .

3.4. Используя соотношения (7) и (8), проверить выполнение соответствующих условий обеспечения точности.

3.5. Рассчитать по формуле (13) доверительный интервал для величины \bar{x} у первой и последней мгновенных выборок и определить нижнюю границу первой выборки и верхнюю – последней. Сопоставив значения граничных размеров с соответствующими предельными размерами обрабатываемой поверхности, заданными в рабочем чертеже, убедиться в выполнении (или невыполнении) условия (1).

4. ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

В отчете приводятся:

- таблица результатов измерения размера обрабатываемой поверхности;
- результаты расчетов координат центров группирования и среднеквадратических отклонений для каждой из мгновенных выборок и по выборкам;
- результаты расчетов доверительных интервалов и граничных размеров с учетом доверительных интервалов;
- результат определения вероятности выполнения задания ТС по рассматриваемому параметру точности с соответствующими выводами. Отчет предъявлять преподавателю при сдаче зачета по лабораторной работе.