



В.Г. Новоселов
Т.В. Полякова
И.Т. Рогожникова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Екатеринбург
2013

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра станков и инструментов

В.Г. Новоселов
Т.В. Полякова
И.Т. Рогожникова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания
к расчету показателей надежности
для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки
магистров 250400.68 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

Екатеринбург
2013

Печатается по рекомендации методической комиссии ФМТД.
Протокол № 10 от 06 июня 2012 г.

Рецензент: доцент, канд. техн. наук. Л.Г. Швамм

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Е.В. Карпова

Подписано в печать 03.06.13 г.		Поз. 71
Плоская печать	Формат 60×84 ¹ / ₁₆	Тираж 10 экз.
Заказ	Печ. л. 0,46	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Определение показателей надежности технологической системы по параметру продукции «точность»

Задание: При обработке деревянных деталей на рейсмусовом станке допуск на отклонение размера детали по толщине в соответствии с нормами точности по ГОСТ 7228-75 составляет 0,15 мм. Для заданных значений параметров станка, инструмента и заготовки (табл. 1) требуется построить объемную диаграмму изменения наработки до отказа по параметру продукции «точность» в зависимости от припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} и вычислить среднюю и 80%-ную наработку до отказа.

Таблица 1

Вариант	Значения параметров							
	$d, \text{мм}$	$\gamma_{\Delta}, \text{мм/м}$	$n, \text{мин}^{-1}$	$\Pi, \text{мм}$	$D_p, \text{мм}$	$\beta, \text{град}$	$\alpha, \text{град}$	ε_0
1	0...150	0,0008... 0,0024	5640... 6000	1,5...3,0	110±0,025	35±0,5	25±0,5	0,25...0,30
2					115±0,025	40±0,5	20±0,5	0,20...0,25
3					120±0,025	45±0,5	15±0,5	0,15...0,20
4					125±0,025	50±0,5	10±0,5	0,10...0,15
5					110±0,025	40±0,5	20±0,5	0,25...0,30
6					115±0,025	45±0,5	15±0,5	0,20...0,25
7					120±0,025	35±0,5	25±0,5	0,15...0,20
8					125±0,025	40±0,5	20±0,5	0,10...0,15
9					115±0,025	45±0,5	15±0,5	0,20...0,25
10					120±0,025	50±0,5	10±0,5	0,15...0,20

Порядок выполнения:

1. Вычислить по формулам (1)-(3) средние значения параметров \bar{X} , их средние квадратические отклонения σ_X и дисперсии $D\{X\}$.

$$\bar{X} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}; \quad (1)$$

$$\sigma_X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6}; \quad (2)$$

$$D\{X\} = \sigma_X^2. \quad (3)$$

2. Разбить диапазон изменения припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} на четное количество равных интерва-

лов и вычислить по формуле (4) значения наработки до отказа по параметру продукции «точность» при средних значениях прочих параметров.

$$t_1 \approx \frac{16,7\bar{d}}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_0)}, \quad (4)$$

где d – допускаемое отклонение поверхности обработки от ее номинального расположения, мкм;

γ_{Δ} – интенсивность изнашивания инструмента мкм/м;

n – частота вращения инструмента, мин⁻¹;

l – длина дуги контакта инструмента с древесиной, мм;

e – вспомогательная величина;

ε_0 – относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания.

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)}, \quad (5)$$

где β – угол заострения, град; α – задний угол лезвия, град.

$$l = \sqrt{\Pi D_p}, \quad (6)$$

где Π – припуск на обработку, мм; D_p – диаметр окружности резания, мм.

3. По полученным значениям, пользуясь мастером диаграмм прикладного пакета Excel, построить объемную диаграмму изменения наработки до отказа по параметру продукции «точность» в зависимости от припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} .

4. Вычислить по формулам (7)-(16) значения частных производных при средних значениях параметров

$$\frac{\partial t}{\partial d} = \frac{16,7}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_0)}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \gamma_{\Delta}} = -\frac{16,7d}{\gamma_{\Delta}^2 n l (e - \varepsilon_0)}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial t}{\partial n} = -\frac{16,7d}{\gamma_{\Delta} n^2 l (e - \varepsilon_0)}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial t}{\partial l} = -\frac{16,7d}{\gamma_{\Delta} n l^2 (e - \varepsilon_0)}; \quad (10)$$

$$\frac{\partial t}{\partial e} = -\frac{16,7d}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_0) e}; \quad (11)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \varepsilon_0} = \frac{167d}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_0) \varepsilon_0}; \quad (12)$$

$$\frac{\partial l}{\partial \Pi} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{D_p}{\Pi}}; \quad (13)$$

$$\frac{\partial l}{\partial D_p} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\Pi}{D_p}}; \quad (14)$$

$$\frac{\partial e}{\partial \alpha} = \frac{\cos(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial e}{\partial \beta} = -\frac{\sin \alpha}{2 \sin^2(\beta/2)}. \quad (16)$$

5. По формулам (17), (18) и затем (19) вычислить дисперсию и среднее квадратическое отклонение наработки до отказа.

$$D\{l\} = \left(\frac{\partial l}{\partial \Pi}\right)^2 D\{\Pi\} + \left(\frac{\partial l}{\partial D_p}\right)^2 D\{D_p\}, \quad (17)$$

$$D\{e\} = \left(\frac{\partial e}{\partial \alpha}\right)^2 D\{\alpha\} + \left(\frac{\partial e}{\partial \beta}\right)^2 D\{\beta\}. \quad (18)$$

$$\sigma_t^2 = D\{t\} = \left(\frac{\partial t}{\partial d}\right)^2 D\{d\} + \left(\frac{\partial t}{\partial \gamma_{\Delta}}\right)^2 D\{\gamma_{\Delta}\} + \left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)^2 D\{n\} + \left(\frac{\partial t}{\partial l}\right)^2 D\{l\} + \left(\frac{\partial t}{\partial e}\right)^2 D\{e\} + \left(\frac{\partial t}{\partial \varepsilon_0}\right)^2 D\{\varepsilon_0\}. \quad (19)$$

6. По формуле (20) вычислить 80%-ную наработку до отказа.

$$t_{0,8} = \bar{T}_1 - 0,841 \sigma_t. \quad (20)$$

7. Сравнить среднюю и 80%-ную наработку до отказа.

8. Проанализировать полученную зависимость наработки до отказа от переменных факторов.

9. Сделать выводы о влиянии переменных факторов на наработку до отказа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Определение показателей надежности технологической системы по параметру продукции «шероховатость поверхности»

Задание: При обработке массивной древесины на четырехстороннем строгальном станке предельные значения параметров шероховатости в соответствии с нормами ГОСТ 7016-82 составляют $R_z=16...250$ мкм. Для заданных значений параметров станка, инструмента и заготовки (табл. 2) требуется построить объемную диаграмму изменения наработки до отказа по параметру продукции «шероховатость поверхности» в зависимости от припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} и вычислить среднюю и 80%-ную наработку до отказа.

Таблица 2

Вариант	Значения параметров						
	γ_{Δ} мкм/м	n , мин ⁻¹	Π , мм	R_{Z0} , мкм	R_{Zmax} , мкм	D_p , мм	k
1	0,0008... 0,0024	5640... 6000	1,5...3,0	16±5	250±5	110±0,025	0,0765±0,0005
2						115±0,025	0,0760±0,0005
3						120±0,025	0,0755±0,0005
4						125±0,025	0,0750±0,0005
5						110±0,025	0,0745±0,0005
6						115±0,025	0,0740±0,0005
7						120±0,025	0,0735±0,0005
8						125±0,025	0,0730±0,0005
9						115±0,025	0,0725±0,0005
10						120±0,025	0,0720±0,0005

Порядок выполнения:

1. Вычислить по формулам (1)-(3) средние значения параметров \bar{X} , их средние квадратические отклонения σ_X и дисперсии $D\{X\}$.

$$\bar{X} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}; \quad (1)$$

$$\sigma_X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6}; \quad (2)$$

$$D\{X\} = \sigma_X^2. \quad (3)$$

2. Разбить диапазон изменения припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} на четное количество равных интерва-

лов и вычислить по формуле (4) значения наработки до отказа по параметру продукции «точность» при средних значениях прочих параметров, полагая $R_{z0}=16$ мкм, $R_{zmax}=250$ мкм.

$$T_1 \approx \frac{16,7}{k \gamma_{\Delta} n \sqrt{\Pi D_p}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}, \quad (4)$$

где k - коэффициент пропорциональности экспоненциальной зависимости шероховатости R_z от радиуса затупления резца ρ ;

γ_{Δ} - интенсивность изнашивания – величина затупления режущей кромки в микрометрах на одном метре пути резания;

n - частота вращения инструмента, мин^{-1} ;

Π – припуск на обработку;

D_p – диаметр окружности резания;

R_{z0} – параметр шероховатости поверхности, обработанной острозаточенным инструментом ($\rho = \rho_0$);

$R_{z \max}$ – параметр шероховатости поверхности, обработанной затупленным инструментом ($\rho = \rho_{\max}$).

3. По полученным значениям, пользуясь мастером диаграмм прикладного пакета Excel, построить объемную диаграмму изменения наработки до отказа по параметру продукции «точность» в зависимости от припуска на обработку Π и интенсивности изнашивания инструмента γ_{Δ} .

4. Вычислить по формулам (5)-(11) значения частных производных при средних значениях параметров

$$\frac{\partial t}{\partial k} = -\frac{16,7}{\bar{k}^2 \gamma_{\Delta} n \sqrt{\Pi D_p}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \gamma_{\Delta}} = -\frac{16,7}{\bar{k} \bar{\gamma}_{\Delta}^2 n \sqrt{\Pi D_p}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}; \quad (6)$$

$$\frac{\partial t}{\partial n} = -\frac{16,7}{\bar{k} \gamma_{\Delta} \bar{n}^2 \sqrt{\Pi D_p}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \Pi} = -\frac{16,7}{2 \bar{k} \gamma_{\Delta} n \sqrt{\Pi^3 D_p}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial t}{\partial D_p} = -\frac{16,7}{2 \bar{k} \gamma_{\Delta} n \sqrt{\Pi D_p^3}} \ln \frac{\bar{R}_{z \max}}{\bar{R}_{z0}}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial t}{\partial R_{z \max}} = \frac{16,7}{k \bar{\gamma}_{\Delta} \bar{n} \sqrt{\Pi D p R_{z \max}}}; \quad (10)$$

$$\frac{\partial t}{\partial R_{z0}} = -\frac{16,7}{k \bar{\gamma}_{\Delta} \bar{n} \sqrt{\Pi D p R_{z0}}}. \quad (11)$$

5. По формуле (12) вычислить дисперсию и среднее квадратическое отклонение наработки до отказа.

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 = D\{t\} = & \left(\frac{\partial t}{\partial R_{z0}}\right)^2 D\{R_{z0}\} + \left(\frac{\partial t}{\partial R_{z \max}}\right)^2 D\{R_{z \max}\} + \left(\frac{\partial t}{\partial \gamma_{\Delta}}\right)^2 D\{\gamma_{\Delta}\} + \left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)^2 D\{n\} + \\ & + \left(\frac{\partial t}{\partial k}\right)^2 D\{k\} + \left(\frac{\partial t}{\partial \Pi}\right)^2 D\{\Pi\} + \left(\frac{\partial t}{\partial D_p}\right)^2 D\{D_p\}. \end{aligned} \quad (12)$$

6. По формуле (20) вычислить 80%-ную наработку до отказа.

$$t_{0,8} = \bar{T}_1 - 0,84 \sigma_t. \quad (13)$$

7. Сравнить среднюю и 80%-ную наработку до отказа.

8. Проанализировать полученную зависимость наработки до отказа от переменных факторов.

9. Сделать выводы о влиянии переменных факторов на наработку до отказа.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.002 -89. Надежность в технике. Термины и определения [Текст]. Введ. 1990-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1990. 88 с.
2. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.
3. ГОСТ 27.203. Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности. [Текст]. Взамен ГОСТ 22955-78; введ. 1983-09-09. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 9 с.
4. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. [Текст]. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
5. ОСТ 6449.1-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки [Текст]. Введ. 1982-03-26. М.: Изд-во стандартов, 1991. 21 с.
6. ГОСТ 7016-82 Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности [Текст]. Введ. 1983-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 8 с.
7. Новоселов, В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст] / В.Г. Новоселов, И.Т. Глебов // Надежность и качество: материалы международного симпозиума, Пенза, 25-31 мая 2006 / Пензенский гос.техн.ун-т. Пенза, 2006. С. 276-278.
8. Новосёлов, В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст] / В.Г. Новосёлов, Т.В. Полякова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября 2006 / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. С. 108-114.
9. Новоселов, В.Г. Расчет безотказности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности» [Текст] / В.Г. Новоселов // Изв. Санкт-Петербургской гос. лесотехн. акад. СПб, 2006. Вып. 3. С. 178-184.
10. Новосёлов, В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности» [Текст] / В.Г.Новосёлов, И.Т. Рогожникова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября 2006 г. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2006. С. 117-122.