

УДК 621.797:629.114.41
DOI 10.24411/2409-3203-2019-12030

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ДОПУСКАЕМЫХ ИЗНОСОВ И ЗАЗОРОВ ДЕТАЛЕЙ СТАНКОВ

Мартышкин Анатолий Петрович

к.т.н., доцент кафедры конструкторско-технологической информатики
ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва"
Республика Мордовия, Саранск

Майоров Александр Михайлович

к.ф.-м.н., доцент кафедры конструкторско-технологической информатики
ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва"
Республика Мордовия, Саранск

Майоров Михаил Иванович

д.т.н., профессор кафедры конструкторско-технологической информатики
ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва"
Республика Мордовия, Саранск

Борискин Сергей Иванович

старший преподаватель кафедры конструкторско-технологической информатики
ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва"
Республика Мордовия, Саранск

Аннотация: на конкретном примере рассмотрена методика расчета допуска износов и зазоров деталей станков. Представлена схема для определения допускаемого износа конкретного элемента машины, обеспечивающего установленную безотказную наработку. Показано, что допускаемые износы тесно связаны с их предельными величинами и влияют на безотказную наработку.

Ключевые слова: допуск, износ, зазор, деталь, ремонт, ресурс, вероятность, безотказная наработка.

Martyshkin Anatoly Petrovich

Ph.D., Associate Professor, Department of Design and Technology Informatics
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Republic of Mordovia, Saransk

Mayorov Alexander Mikhailovich

Ph.D., Associate Professor, Department of Design and Technology Informatics

National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Republic of Mordovia, Saransk

Mayorov Mikhail Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Design and Technology Informatics
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Republic of Mordovia, Saransk

Boriskin Sergey Ivanovich

Senior Lecturer, Department of Design and Technology Informatics

National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Republic of Mordovia, Saransk

Определению допускаемых износов элементов машин при ремонте посвящено множество публикаций и научно-исследовательских работ [1-12].

В работах [5,6,8,9,10] представлены методики расчёта допускаемых износов элементов машин, обеспечивающих установленную безотказную наработку. Если распределение ресурса элемента подчиняется закону нормального распределения (ЗНР), то зависимость для нормированного допускаемого износа имеет вид

$$D_0 = \left[1 - \frac{1}{T_0 T_0(\gamma)} \right]^\alpha, \quad (1)$$

где D_0 – нормированный допускаемый износ в долях предельного значения;

T_0 – нормированный средний ресурс в долях межремонтной наработки;

$T_0(\gamma)$ – нормированная нижняя доверительная граница рассеивания ресурса в долях его среднего значения;

α – показатель степени функции износа.

Указанные нормирования выражаются формулами

$$\frac{D}{U_n} = D_0, \quad \frac{\bar{T}}{t_m} = T_0, \quad \frac{T(\gamma)}{\bar{T}} = T_0(\gamma). \quad (2)$$

Абсолютная величина допускаемого износа определяется

$$D = D_0 U_n, \quad (3)$$

т. е. умножением относительной (нормированной) величины допускаемого износа на его абсолютную предельную величину.

Определение допускаемого износа конкретного элемента машины, обеспечивающего установленную безотказную наработку иллюстрируется схемой, изображённой на рисунке 1.

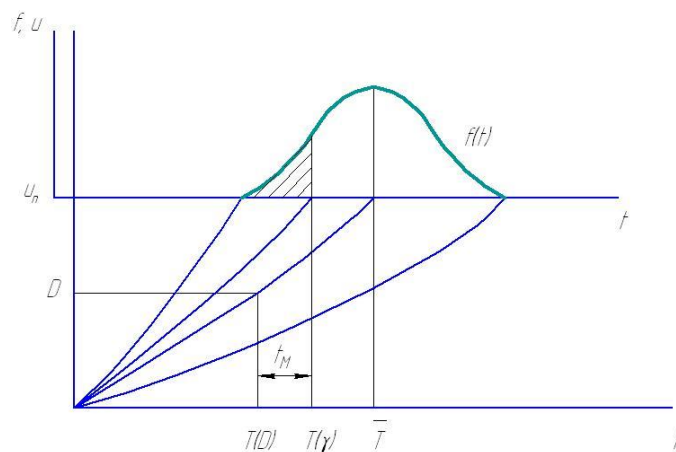


Рисунок 1 – Схема формирования допускаемого отклонения параметра элемента

Абсолютное значение допускаемого износа вычисляется по формуле

$$P_D = |P_n \pm (D + \Delta P)|, \quad (4)$$

где P_n – начальное значение (допуск);

ΔP – величина износа в процессе приработки.

Значения нижних доверительных границ рассеивания ресурса $T(\gamma)$,

нормированные в долях его среднего значения при различных величинах доверительной вероятности и показателя вариации ресурса даны в таблице 1, а закономерности $T_0(\gamma, \nu)$ для различных значений γ представлены на рисунке 3.

Таблица 1 - Значения $T_0(\gamma)$ в зависимости от требуемой безотказности γ и показателя вариации ресурса

γ	Коэффициент вариации ν				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,60	0,975	0,949	0,924	0,877	0,824
0,70	0,948	0,895	0,843	0,766	0,691
0,80	0,916	0,832	0,747	0,647	0,553
0,85	0,896	0,793	0,689	0,590	0,497
0,90	0,872	0,744	0,615	0,489	0,395
0,95	0,836	0,672	0,507	0,376	0,280
0,99	0,767	0,535	0,302	0,207	0,126

γ	Коэффициент вариации ν				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,60	0,573	0,694	0,630	0,564	0,510
0,70	0,618	0,540	0,468	0,403	0,360
0,80	0,472	0,391	0,328	0,270	0,220
0,85	0,404	0,325	0,258	0,196	0,170
0,90	0,303	0,231	0,178	0,134	0,110
0,95	0,191	0,143	0,097	0,072	0,050
0,99	0,079	0,050	0,027	0,021	0,010

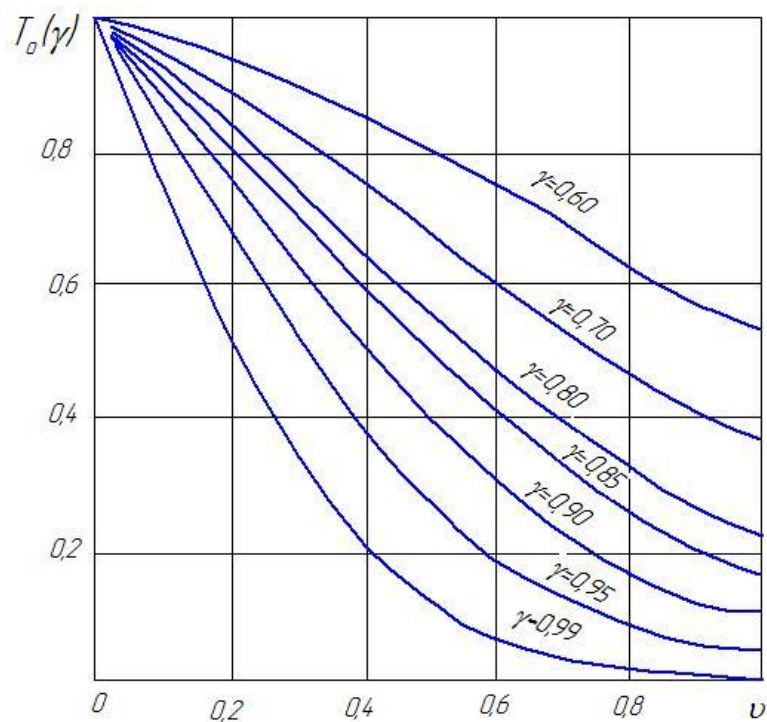


Рисунок 3 – Закономерности $T_0(\gamma, \nu)$ для различных значений γ , в зависимости от вероятности безотказности и показателя вариации ресурса

Если требуется определить величину допускаемого износа, обеспечивающего безотказную наработку в очередном межремонтном периоде станка или его узла с вероятностью $\gamma = 0,90$, то необходимо знать следующее: закон распределения ресурса детали, средний ресурс $\bar{T}$ и коэффициент вариации v , показатель динамики износа α , предельный износ U_n ; начальный зазор Π_n ; показатель приработки $\Delta\Pi$; межремонтная наработка t_m (назначается по быстроизнашивающимся ресурсным деталям).

Для рассматриваемого ниже примера (при ремонте узлов станка) имеем нормальный закон распределения износа с параметрами $v = 0,20$; $\bar{T} = 12000$ час. наработки; $t_m = 6000$ час; $U_n = 0,20$ мм; $\Pi_n = 0,10$ мм; $\Delta\Pi$ принимаем равным нулю; $\alpha = 2$.

Расчёт проводим в следующей последовательности.

Используя нормирование и данные таблицы 1 определим нормированные величины T_0 и $T_0(\gamma)$

$$T_0 = \frac{\bar{T}}{t_m} = \frac{12000}{6000} = 2,$$

$$T_0(0,90) = 0,744 \text{ (по таблице 1).}$$

Используя выражение (1) определим нормированное значение допустимого износа

$$D_0 = \left[1 - \frac{1}{2 \times 0,744} \right]^2 = 0,11.$$

Абсолютная величина допустимого износа, в соответствии с выражением (3), составляет

$$D = 0,11 \times 0,20 = 0,022 \text{ мм,}$$

а абсолютная величина допускаемого зазора, определяемая по формуле (4) составит

$$\Pi_D = |0,10 + (0,022 + 0)| = 0,122 \text{ мм}$$

Если требования к безотказности более высокие, то назначаем $\gamma = 0,95$. Тогда по той же схеме расчёта получим

$$T_0(0,95) = 0,671,$$

$$D_0 = \left[1 - \frac{1}{2 \times 0,671} \right]^2 = 0,063,$$

$$D = 0,063 \times 0,20 = 0,013 \text{ мм,}$$

$$\Pi_D = |0,10 + (0,013 + 0)| = 0,113 \text{ мм.}$$

Если требования к безотказности в очередном межремонтном являются менее

высокими, назначаем $\gamma = 0,80$. При этом будем иметь

$$T_0(0,80) = 0,832,$$

$$D_0 = \left[1 - \frac{1}{2 \times 0,832} \right]^2 = 0,16,$$

$$D = 0,16 \times 0,20 = 0,032 \text{ мм},$$

$$П_D = |0,120 + (0,032 + 0)| = 0,132 \text{ мм}.$$

Анализ результатов полученных расчётных данных показывает следующее. При повышении требований к безотказности происходит снижение значений D и $П_D$ и наоборот, при снижении требований к безотказности происходит повышение значений D и $П_D$. Таким образом допускаемые износы тесно связаны с их предельными величинами и влияют на безотказную наработку.

Разработанная методика позволяет проводить следующие мероприятия:

- устанавливать допускаемые износы деталей, которые могут обеспечивать необходимую вероятность безотказной работы в очередном межремонтном периоде;
- давать оценку безотказности в случае, когда допускаемые износы, рекомендованы в существующих и используемых требованиях на ремонт при дефектации деталей;
- проводить сравнительный анализ допускаемых износов рассчитываемых и определяемых по разным методикам;
- при необходимости оперативно применять методику в практике ремонтного производства;
- обеспечивать требуемую вероятность безотказности на определённый период с учётом требований заказчика, что может существенно влиять на стоимость ремонта.

Разработанная методика может быть применена для любых контролируемых параметров элементов и узлов станков, в том числе и по различным диагностическим признакам.

Список литературы:

1. Проников А.С. Расчёт и конструирование металлорежущих станков / А.С. Проников. - М.: Высшая школа, 1968. - 431 с.
2. Проников А.С. Надёжность машин / А.С. Проников. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.
3. Михлин В.М. Метод определения допускаемых износов деталей, обеспечивающий повышение их безотказности / В.М. Михлин, В.Н. Дорогой // Вестник машиностроения. 2008. № 7. – С. 11 – 14.
4. Дорогой В.Н. Ресурсосберегающая методика определения допускаемых при эксплуатации износов элементов, отклонений параметров машин: автореф. дис. ... канд. тех. наук / В.Н. Дорогой; ГНУ ГОСНИТИ. - М.: 2009. – 19 с.
5. Табаков П.А. Новая методика определения допускаемого износа деталей при эксплуатации / П.А. Табаков, А.А. Соломашкин, В.М. Михлин // Международный научный журнал. 2011. № 1. С. 56 – 60.
6. Мартышкин А.П. Оптимизация предельных и допускаемых значений структурных параметров технического состояния элементов машин (на примере основных сопряжений масляного насоса дизеля Д-240): автореф. дис. ... канд. тех. наук / А.П. Мартышкин; Мордов. гос. ун-т. - Саранск, 1993. – 15 с.
7. Мартышкин А.П. Анализ обоснования предельных параметров элементов машин

и получение практической формулы определения предельных отклонений параметров с заданной безотказностью / [А.П. Мартышкин, С.Е. Маскайкина, Н.И. Полуешина и др.]; // Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/33TVN215.pdf> (доступ свободный).

8. Мартышкин А.П. Анализ методов оптимизации допускаемых отклонений параметров элементов машин и разработка методики их установления с заданной вероятностью безотказной наработки / [А.П. Мартышкин, С.Е. Маскайкина, Н.И. Полуешина и др.]; // Интернет-журнал «Науковедение» Т. 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/39TVN316.pdf> (доступ свободный).

9. Мартышкин А.П. Сравнительный анализ методик определения допускаемых при ремонте отклонений параметров элементов машин по техническим критериям / А.П. Мартышкин, С.Ю. Калякулин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. № 11. - 2018. – с. 41-46.

10. Мартышкин А.П. Разработка методики оптимизации допускаемых отклонений параметров элементов машин с заданной вероятностью безотказной наработки / [А.П. Мартышкин, С.Е. Маскайкина, Н.И. Полуешина и др.]; // Журнал «Главный механик» № 7 - 2019 – С. 18 – 33.

11. Типовая система технологического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования/ Под. ред. В.И. Клягина, Ф.С. Сабирова // Минстанкопром СССР, ЭНИМС.-М.: Машиностроение, 1988.-672 с.

12. Пекелис Г.Д. Технология ремонта металлорежущих станков. / Г.Д. Пекелис, Б.Т. Гельберг. –Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. -240с.

