

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОДНООПЕРАЦИОННОЙ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ  
ОДНОНИТОЧНОГО ЦЕПНОГО ПОТАЙНОГО СТЕЖКА

Силантьев Е.П., Тувин А.А.

Силантьев Евгений Павлович, Тувин Александр Алексеевич  
Ивановский государственный политехнический университет,  
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, 21.  
Email: Kabal1.21@yandex.ru, tuv1958@mail.ru

*Непрерывный рост сложности конструкций швейных промышленных машин, повышение их производительности благодаря введению скоростных режимов, а именно повышения количества стежков в минуту и выполнения нескольких операций на одной машине, выдвинули проблему обеспечения высокой надежности швейных машин. Швейные машины по количеству рабочих позиций, т.е. позиций, на которых выполняются собственно рабочие технологические операции и цикловые вспомогательные операции, можно разделить на однооперационные и многооперационные. Приведена классификация отказов к швейным машинам, а так же приведены результаты испытаний на надежность швейной машины «Паннония» CS-790.*

**Ключевые слова:** швейная машина, надежность, однооперационная, непрерывность, технологический цикл

CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF A SINGLE-OPERATION SEWING  
MACHINE OF A SINGLE-THREAD CHAIN COUNTERSUNK STITCH

Silantyeu E.P., Tuvin A.A.

Silantyeu Evgeny Pavlovich, Tuvin Alexander Alekseevich  
Ivanovo State Polytechnic University,  
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.  
Email: Kabal1.21@yandex.ru, tuv1958@mail.ru

*The continuous increase in the complexity of the designs of sewing industrial machines, increasing their productivity due to the introduction of high speed modes, namely, increasing the number of stitches per minute and performing several operations on one machine, have raised the problem of ensuring high reliability of sewing machines. Sewing machines can be divided into single-operation and multi-operation according to the number of working positions, i.e. positions where the actual working technological operations and cyclic auxiliary operations are performed. The classification of failures to sewing machines is given, as well as the results of reliability tests of the sewing machine "Pannonia" CS-790.*

**Keywords:** sewing machine, reliability, single-operation, continuity, the technological cycle

В однооперационных швейных машинах число рабочих позиций равно единице ( $M=1$ ). В этом случае, одновременно обрабатывается одно изделие. Время рабочего цикла равно времени технологического цикла ( $\tau_m$ ) [1, 2]:

$$\tau = \tau_m = \sum t_p + \sum n\tau_c \quad (1)$$

где  $\sum t_p$  суммарное, время выполнения рабочих операций,  
 $\sum n\tau_c$  суммарное, время цикловых потерь на вспомо-

гательных операциях. К цикловым потерям относятся непроизводительные затраты времени при обработке шиваемого изделия: подвод и отвод иглы; перемещение и ориентирование заготовки; обрезка нити и т. п.

Затраты времени  $\sum t_p$  зависят от: проектной скорости вращения главного вала  $n$ ; коэффициента использования проектной скорости  $K_c$ ; шага стежков  $s$ ; технологических факторов.

Для оценки степени непрерывности работы используем коэффициент непрерывности работы машины, который выражается следующей зависимостью на основании формулы:

$$K_n = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_{m\alpha}} \quad (2)$$

Отношение длительности технологического цикла определенного типа машины при выполнении конкретной технологической операции ко времени технологического цикла ( $\tau_{m\alpha}$ ) назовем частным коэффициентом эффективности. Этот коэффициент определяет эффективность использования определенного типа машины на данной операции и равен [3]:

$$K_{эф} = \frac{\tau_{mij}}{\tau_{m\alpha}} \quad (3)$$

Отношение средневзвешенной длительности технологического цикла при использовании машины определенного типа в данных производственных условиях ко времени технологического цикла назовем общим коэффициентом эффективности. Этот коэффициент определяет эффективность использования определенного типа машины в данных производственных условиях равен:

$$K_{эф} = \frac{\tau_m}{\tau_{m\alpha}} = \frac{\sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} \tau_{mij} K_{ij}}{\tau_{m\alpha} \sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} K_{ij}} \quad (4)$$

На основании выше рассмотренных положений коэффициент технического использования швейной машины  $K_{тн}$ , отражающий  $m$  параметров внецикловых затрат времени на регламентированные потери и отказы, определится из следующего выражения:

$$K_{тн} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{K_i} - (m-1)} \quad (5)$$

или после преобразования

$$K_{тн} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^m \frac{1-K_i}{K_i}} \quad (6)$$

где  $K_i$  частные коэффициенты технического использования. Общее число частных коэффициентов технического использования равно  $m$ ; частные коэффициенты характеризуют отнесенные к одному изделию внецикловые потери  $\sum mBi$   $i$ -го параметра.

В общем виде частный коэффициент технического использования определяется следующей зависимостью:

$$K_{тн} = \frac{1}{1 + Q_m \sum mBi} \quad (7)$$

Таким образом, коэффициент технического использования швейной машины учитывает внецикловые потери времени и характеризует уровень технического совершенства машины. Здесь следует отметить, что классификация отказов и связанных с ними простоев будет отличаться от приведенной ранее.

К регламентированным простоям машин будем относить простои, периодичность наступления и длительность которых обуславливаются заранее. Соответственно указанным ниже видам регламентированных простоев задаемся значениями частных коэффициентов технического использования, отражающих потери времени по следующим причинам:

- а) принудительной периодической смены и регулировки рабочих органов и инструментов
- а) принудительной периодической смены и регулировки рабочих органов и инструментов

$$K_{ин} = \frac{1}{1 + Q_{mt}_{нВ.ин}} \quad (8)$$

- б) профилактического ремонта и наладки всех прочих узлов, механизмов и устройств машины

$$K_{рем} = \frac{1}{1 + Q_{mt}_{нВ.рем}} \quad (9)$$

- в) необходимости возобновления питания нитками

$$K_{нит} = \frac{1}{1 + Q_{mt}_{нВ.нит}} \quad (10)$$

- г) технического обслуживания (чистки, уборки, смазки)

$$K_{обсл} = \frac{1}{1 + Q_{mt}_{нВ.обсл}} \quad (11)$$

В швейном производстве наиболее, часто возникают отказы из-за [4, 5]:

- недостаточной надежности швейных машин,
- некондиционности исходных материалов,
- ошибок, допускаемых обслуживающим персоналом при эксплуатации машин.

Величина случайных потерь времени, отнесенная к одному изделию, в общем случае складывается из двух частей  $\square$  из отказов I группы, вызываемых: недостаточной надежностью рабочих органов швейных машин и низким качеством исходных материалов, и отказов II группы, вызываемых недостаточной надежностью прочих (кроме рабочих органов) узлов, механизмов и устройств машины [6-9]. Классификация отказов приведена в табл.1

Классификация отказов применительно к швейным машинам  
Table 1. Classification of failures in relation to sewing machines

I группа		II группа	
Специфические для каждого типа машин		Общие, свойственные всей типам швейных машин, и возникающие в узлах, механизмах и устройствах общемашиностроительного назначения	
Явные	Скрытые	Явные	Скрытые
Проявляются в виде поломки или разладки рабочих органов машины	Проявляются, косвенно: в виде обрыва нитей, не утяжки или пропуска стежков	Поломки и заклинивание зубчатых передач, заедание механических элементов, обрыв приводного ремня и т.п.	Абразивный, коррозионный и эрозийный износ, усталостное разрушение, износ поверхностей муфт и т. д.

В качестве примера рассмотрим швейную машину класса CS-790 фирмы «Паннония» (Венгрия). Вероятность безотказной работы рассчитывается по формуле:

$$R(t) = e^{-t_m \cdot \sum_{i=1}^4 \lambda_i^I}$$

где  $\sum_{i=1}^4 \lambda_i^I$  суммарная интенсивность отказов I группы, которая рассчитывается по формуле:

$$\lambda_i^I = \frac{1}{T_{cp}^I}$$

Подставим известные значения в формулы и произведём расчёт искомых величин:

$$\lambda_1^I = \frac{1}{79,17} = 0,0126$$

$$R(t) = e^{-20 \cdot 2 \cdot 0,0126} = 0,775$$

Остальные расчётные значения сведём в табл.2.

Таблица 2

Сводная таблица результатов расчёта вероятности безотказной работы и суммарная интенсивность отказов I группы  
Table 2. Summary table of the results of calculating the probability of failure-free operation and the total failure rate of group I

Число оборотов главного вала n, мин. 1	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2800	3100	3300	3500	3800	4000
Число испытанных образцов M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Суммарная интенсивность отказов I группы $\lambda_i^I$	0.0126	0.011	0.0178	0.0185	0.0313	0.0445	0.0721	0.1652	0.5051	0.7692	1.4492	2.2222
Вероятность безотказной работы R(t)	0.775	0.819	0.747	0.744	0.618	0.522	0.358	0.116	0.00209	0.00011	0.00000119	0.000000002185

Коэффициент технического использования рассчитывается по формуле:

$$K_{ти} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^4 \frac{M_i^I \cdot \tau_{cpi}^I}{T_{cpi}^I}}$$

где  $M_i^I$  количество одинаковых экземпляров i-го типа (типоразмера) узла, механизма или устройства;  $\tau_{cpi}^I$  среднее время устранения отказа I группы i-го узла, механизма или устройства (определяется ремонтпригодностью машины, квалификацией обслуживающего персонала);

$T_{ср}^I$  средняя наработка на  $i$ -го вида отказ группы (среднее время работы между двумя смежными отказами).

Подставим известные значения в формулу и произведём расчёт искомой величины:

$$K_{тн} = \frac{1}{1 + \frac{5 \cdot 0,044}{79,7}} = 0,9972$$

Коэффициент непрерывности машины рассчитывается по формуле:

$$K_{н} = \frac{\sum t_{ср}}{\sum t_{ср} + \sum t_{тн}}$$

Подставим известные значения в формулу и произведём расчёт искомой величины:

$$K_{н} = \frac{20,25}{20,25 + 81} = 0,2$$

Таблица 3

Сводная таблица результатов расчёта коэффициента технического использования  
Table 3. Summary table of the results of calculating the technical utilization coefficient

Число оборотов главного вала $n$ , мин $\square 1$	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2800	3100	3300	3500	3800	4000
Число испытанных образцов $M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Коэффициент технического использования $K_{ти}$	0.9972	0.9965	0.9913	0.9921	0.9696	0.9277	0.8125	0.3891	0.0865	0.0362	0.0092	0.0040

Таблица 4

Сводная таблица результатов расчёта коэффициента непрерывности машины  
Table 4. Summary table of machine continuity coefficient calculation results

Число оборотов главного вала $n$ , мин $\square 1$	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2800	3100	3300	3500	3800	4000
Число испытанных образцов $M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Коэффициент непрерывности машины $K_{н}$	0.2	0.18	0.15	0.22	0.17	0.16	0.14	0.16	0.15	0.18	0.2	0.23

Таблица 5

Сводная таблица результатов испытаний на надёжность швейной машины «Паннония CS-790»  
Table 5. Summary table of sewing machine reliability test results "Pannonia CS-790"

Число оборотов главного вала $n$ , мин $\square 1$	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2800	3100	3300	3500	3800	4000
Число испытанных образцов $M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Количество обрывов $U_{1ср} = \frac{\sum \bar{u}_1}{M}$	0.02	0.14	0.14	0.12	0.28	0.32	0.32	0.96	1.9	2.32	4.73	7.15
Время устранения обрыва $\tau_{1ср} = \frac{\sum \bar{\tau}_1}{M}$	0.004	0.01	0.036	0.04	0.084	0.114	0.148	0.46	1.08	1.49	3.87	6.93
Количество других отказов I группы $U_{3ср} = \frac{\sum \bar{u}_3}{M}$	$\square$	$\square$	0.02	$\square$	0.06	0.14	0.22	0.69	1.6	1.55	2.97	3.91

Время устранения других отказов I группы $\tau_{3cp} = \frac{\sum \bar{\tau}_3}{M}$	□	□	0.012	□	0.066	0.168	0.258	0.748	0.99	1.66	3.25	4.44
Время устранения всех отказов I группы $\tau_{cp} = \frac{\sum \bar{\tau}}{M}$	0.044	0.064	0.098	0.086	0.2	0.35	0.64	1.9	4.18	6.93	14.8	22.24
Рабочее время машины $t_{p,cp} = \frac{\sum \bar{t}_p}{M}$	20.2	18.15	16.36	15.92	15.4	14.6	14.24	13	12.22	11.8	11	10.01
Наработка на отказ $T_{cp} = \frac{\sum \bar{T}}{M}$	79.7	91.2	56.04	53.9	32	22.47	13.87	6.05	1.98	1.3	0.69	0.45

Выводы:

- рассмотрены показатели надежности однооперационной швейной машины однониточного цепного потайного стежка;
- приведена классификация отказов к швейным машинам;
- приведена сводная таблица результатов

испытаний на надежность швейной машины «Паннония» CS-790.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.*

*The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Пирогов К.М., Егоров С.А.** Основы надежности текстильных машин: учеб. пособие для вузов. Иваново: ИГТА, 2004. 268 с.
2. **Щурин К.В.** Надежность машин учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 592 с.
3. **Петров В.В.** Надежность текстильных машин. Москва: МГТУ Совязь Бево, 2005. 257 с.
4. **Полухин В.П., Рейбарх Л.Б.** Швейные машины цепного стежка зарубежных фирм. М. Легкая индустрия, 1979. 344 с.
5. **Зак И.С., Горохов И.К., Воронин Е.И. и др.** Справочник по швейному оборудованию. М. Легкая индустрия, 1981. 272 с.
6. **Исаев В.В.** Оборудование швейных предприятий: Учеб. для проф.-техн. училищ. 3-е изд., испр. и доп. М.: Легпромбытиздат, 1989. 336 с.
7. **Франц В.Я.** Оборудование швейного производства: Учебник для сред. проф. образования: Учеб. пособие для нач. проф. образования. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 448 с.
8. **Скрехин А.П., Жукова Е.А., Тувин А.А.** Обоснование выбора закона движения толкателя кулачкового привода исполнительных механизмов ткацких станков типа СТБ. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* 2021. № 3 (67). С.94-97. DOI:10.6060/snt.20216703.00013
9. **Романов В.Е., Топорова Е.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.** Гашение вибрационных колебаний швейного оборудования. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* 2024. № 1 (77). С. 86-90. DOI:10.6060/snt.20247701.0001

#### REFERENECES

1. **Pirogov K.M., Egorov S.A.** Fundamentals of textile machines reliability: textbook for universities. Ivanovo: IGTA, 2004. 268 p.
2. **Shchurin K.V.** Reliability of the machines: a textbook. St. Petersburg: Lan, 2022. 592 p.
3. **Petrov V.V.** Reliability of textile machines. Moscow: Moscow State Technical University Sovyazh Bevo, 2005. 257 p.
4. **Polukhin V.P., Reybarkh L.B.** Chain stitch sewing machines of foreign firms. M. Legkaya Industriya, 1979. 344 p.
5. **Zak I.S., Gorokhov I.K., Voronin E.I. et al.** Reference book on sewing equipment. M. Legkaya Industriya, 1981. 272 p.
6. **Isaev V.V.** Equipment of sewing enterprises: Training. for vocational-technical schools. 3rd ed., revised. and supplement. Moscow: Legprombytizdat, 1989. 336 p.
7. **Frantz V.Y.** Equipment sewing production: Textbook for secondary vocational education: Textbook for nachal. vocational education. 2nd ed., ster. M.: Publishing Center "Academy", 2005. 448 p.
8. **Skrekhin A.P., Zhukova E.A., Tuvin A.A.** Justification for the choice of the law of motion of the pusher of the cam drive of the actuators of weaving machines of the STB type. *Modern high technology. Regional application.* 2021. N 3 (67). P. 94-97. DOI:10.6060/snt.20216703.00013
9. **Romanov V.E., Toporova E.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.** Damping vibration vibrations of sewing equipment. *Modern high technology. Regional application.* 2024. N 1 (77). P. 86-90. DOI:10.6060/snt.20247701.00011

Поступила в редакцию(Received) 25.03.2024  
Принята к опубликованию(Accepted) 08.05.2024