

Технические науки

УДК 631

**Симонян Ален Рафаелович**

*аспирант*

*Армянского национального аграрного университета*

*Механизация сельского хозяйства, машины и оборудование*

**Simonyan Alen Rafayel**

*Postgraduate Student of the*

*Armenian National Agrarian University*

*Agricultural Mechanization, Machines and Equipment*

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ  
НАДЕЖНОСТИ СЕНОКОСИЛКИ КСГ-2,1 В УСЛОВИЯХ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ СЕНОКОСОВ ПРИ ПОЛОМКЕ ПАЛЬЦЕВ  
OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE OPERATING RELIABILITY OF  
THE KSG-2,1 GRASS MOWING MACHINE IN THE CONDITIONS OF  
NATURAL HAYFIELDS WITH BREAKING OF THE FINGERS**

*Аннотация.* Природные высокогорные сенокосы и пастбища Республики Армении являются для животноводства лучшей кормовой базой. Однако они покрыты поверхностными и полускрытыми камнями, из-за чего при уборке кормов пальцы очень часто ломаются. Палец собирает траву и скатывает в режущие ножи и одновременно защищает ее от камней. Он выполняет очень важную функцию в процессе сбора травы и в то же время оказывает большое влияние на надежность. Мною проведены исследования эксплуатационной надежности сенокосилок при поломке пальцев и выявлены закономерности возникновения и устранения отказов пальцев. Построены ряд графиков, таблиц и уравнения, проведены их анализы и рекомендованы рациональные методы повышения долговечности пальцев, следовательно и эксплуатационной надежности сенокосилки КСГ-2,1.

**Ключевые слова:** косилка, надежность, отказ, палец, график.

**Summary.** Natural high-mountainous hayfields and pastures of the Republic of Armenia are the best forage base for livestock breeding. However, they are covered with superficial and half-hidden stones, which is why the fingers often break in time of gathering the feed. The finger collects grass and rolls into cutting knives and at the same time protects it from stones. It performs a very important function in the process of collecting grass and at the same time has a great influence on reliability. I have conducted studies of the operational reliability of mowing machines in case of finger breakage and revealed patterns of the occurrence and elimination of finger failures. A number of graphs, tables and equations have been built, their analyzes have been carried out and rational methods have been recommended for increasing the durability of the fingers, consequently the operational reliability of the KSG-2.1 mowing machine.

**Key words:** mowing machine, reliability, failure, finger, graph.

**Постановка проблемы:** Согласно проведенных исследований у сенокосилок наиболее часто из строя выходят сегменты (53 %), пальцы (27 %), ножи режущего аппарата (18 %), а также пальцевые брусы и другие детали [3].

Сломанные сегменты восстановлению не подлежат, а пальцы - ремонтпригодны. Необходимо выявить характер и причины поломок, предложить методы для повышения их надежности и долговечности, особенно пальцев сенокосилок.

**Изложение основного материала.** Для решения поставленной задачи необходимо из журнала испытаний сенокосилок отделить статистические данные отказов из-за поломок пальцев. Потом необходимо определить показатели эксплуатационной надежности и закономерность соответствующих функций изменения в зависимости от устранения отказов. Согласно полученных данных, построить графики изменения

статистических и вероятностных (теоретических) функций надежности и устранения отказов. Результаты исследований позволят провести анализ графиков и предложить методы для повышения долговечности пальцев сенокосилок.

В течении 24 рабочих дней на 3-х сенокосилках была зарегистрирована 21 неисправность, связанная с поломкой пальцев. Однако случилось, что одновременно ломались несколько пальцев и их общее число достигло 32-х.

Согласно статистических данных отказов пальцев длительность безотказной работы и устранения отказов составляют:

$$T = \sum_{i=1}^{21} t_i = 471,3 \text{ ч}, \quad \theta = \sum_{i=1}^{21} \theta_i = 25,8 \text{ ч.}$$

Для построения графиков плотности вероятности безотказной работы, закономерности изменения статистических и вероятностных (теоретических) функций надежности сенокосилок определены число интервалов -  $K_1 = 1 + 3,3 \lg 21 \approx 6$  и значения интервалов  $\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{K} \approx 13$ .

Граница интервалов и соответствующее число отказов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Общее распределение интервалов безотказной работы пальцев 3-х  
косилок при поломке пальцев**

| Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов | Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов | Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|
| 1                | 0 - 13             | 9              | 3                | 26 - 39            | 3              | 5                | 52 - 65            | 2              |
| 2                | 13 - 26            | 6              | 4                | 39 - 52            | 0              | 6                | 65 - 78            | 1              |

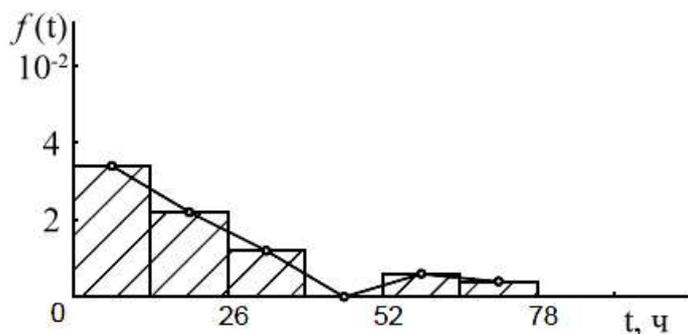
Были рассчитаны параметры плотности вероятности безотказной работы при поломке пальцев для построения общей статистической диаграммы по следующей формуле:

$$f(t) = \frac{\Delta N_i}{N \Delta t},$$

где  $N$  – общее число отказов сенокосилок при поломке пальцев ( $N=21$ ),  $\Delta N_i$  – количество отказов пальцев в интервале  $i$ . Поставляя числовые значения, получаем:

$$f_1 = \frac{9}{21 \cdot 13} = 3,3 \cdot 10^{-2}, \quad f_2 = \frac{6}{21 \cdot 13} = 2,2 \cdot 10^{-2}, \quad f_3 = \frac{3}{21 \cdot 13} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ и т.д.}$$

После расчета построена диаграмма вероятностной статистической плотности безотказной работы (рис.1).



**Рис. 1. Диаграмма статистического распределения плотности вероятности безотказной работы сенокосилок, при поломке пальцев**

Для определения закономерности изменения статистической и вероятностной функций надежности сенокосилок при поломке пальцев, рассчитаны:

- математическое ожидание:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i t_i}{N} = \frac{9 \cdot 6,5 + 6 \cdot 19,5 + 3 \cdot 32,5 + 2 \cdot 58,5 + 1 \cdot 71,5}{21} = 22 \text{ ч,}$$

- интенсивность появления отказов:

$$\lambda(t) = \frac{1}{T_{cp}} = \frac{1}{22} = 0,05, \text{ 1/ч,}$$

- среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i (t_i - T_{cp})^2}{N}} =$$

$$= \sqrt{\frac{9(6,5 - 22)^2 + 6(19,5 - 22)^2 + 3(32,5 - 22)^2 + 2(58,5 - 22)^2 + 1(71,5 - 22)^2}{21}} = 19 \text{ ч,}$$

- коэффициент вариации:

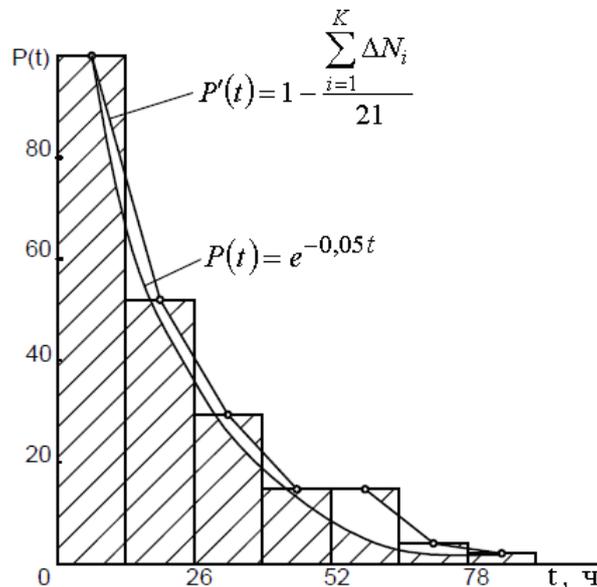
$$V(t)_i = \frac{\sigma_i}{T_{cp}} = \frac{19}{22} = 0,86.$$

Рассчитаны числовые значения статистической функции безотказной работы пальцев сенокосилок  $P'(t) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i}{N}$ ,

$$P'(0) = 1, \quad P'(13) = 1 - \frac{9}{21} = 0,57 = 57 \%, \quad P'(26) = 1 - \frac{9+6}{21} = 0,29 = 29\%,$$

$$P'(39) = 1 - \frac{9+6+3}{21} = 0,14 = 14\% \text{ и т.д.}$$

На основании расчетов построена диаграмма, рис. 2.



**Рис. 2. Закономерности изменения статистической и вероятностной функций надежности работы сенокосилок только при поломке пальцев**

Для расчета вероятностной функции вероятности целесообразно использовать экспоненциальный закон распределения случайных величин –  $P(t) = e^{-\lambda t}$ .

Величины функции  $P(t)$  рассчитаны по интервалам. Для использования таблиц [1] выбрано  $\lambda = 0,05$ . В этом случае

$$t_1 = 0, x_1 = 0, P(0) = 1,0 = 100 \%, \quad t_2 = 13, x_2 = 0,05 \times 13 = 0,65, \quad P(13) = e^{-0,65} \\ = 0,523 = 52 \%,$$

$$t_3 = 26, \quad x_3 = 0,05 \times 26 = 1,3, \quad P(26) = e^{-1,3} = 0,273 = 27 \% \text{ и т.д.}$$

Из построенного графика (рис. 2) видно, что статистические и вероятностные функции надежности совпадают и это подтверждает, что метод экспоненциального закона распределения случайных величин выбран правильно.

На основании выделенных данных отказов сенокосилок, произошедших из-за поломок пальцев, были рассчитаны и построены гистограммы распределения длительности устранения поломок пальцев сенокосилок и графики теоретических функций изменения. С этой целью была заполнена таблица распределения интервалов времени устранения отказов, произошедших из-за поломок пальцев.

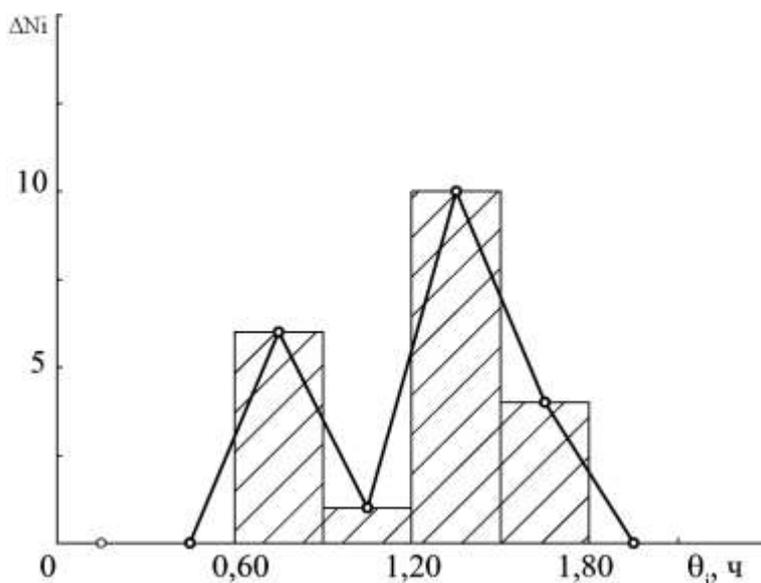
Согласно статистических данных минимальное время устранения неисправности составляет 0,68, максимальное - 1,6 ч. Число интервалов составляет -  $K = 1 + 3,3 \lg 21 = 6$ , величину интервалов примем 0,3. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Распределение интервалов продолжительности устранения отказов при поломке пальцев сенокосилок**

| Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов | Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов | Номер интервалов | Граница интервалов | Кол-во отказов |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|
| 1                | 0 – 0,30           | 0              | 3                | 0,60-0,90          | 6              | 5                | 1,20-1,50          | 10             |
| 2                | 0,30-0,60          | 0              | 4                | 0,90-1,20          | 1              | 6                | 1,50-1,80          | 4              |

На рис. 3 представлена гистограмма распределения времени устранения отказов, из которой видно, что количество отказов из-за поломок пальцев и время их устранения в течении 24 дней эксплуатации большое. Например в интервале 0,6-0,9 количество отказов 6, а в интервале 1,2-1,5 – 10. При этом в интервале 0,6-0,9 время, необходимое для устранения 6 отказов составляет около 4,5 ч, а в интервале 1,2-1,5 для устранения 10 отказов - 13,5 ч. В целом для замены сломанных пальцев общее время составляет 25,8 ч. Это большое время, число замененных пальцев -32 и для этого требуются значительные затраты. Поэтому необходимо найти методы качественного ремонта пальцев и увеличения их долговечности.



**Рис. 3. Гистограмма распределения длительности устранения поломок пальцев сенокосилок**

Для построения графиков статистических и теоретических функций изменения устранения отказов сломанных пальцев, необходимо разработать статистические данные и произвести расчеты:

- среднее время устранения отказов:

$$\theta_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_{\zeta,i} \theta_{\zeta,i}}{N_{\zeta}} = \frac{6 \cdot 0,75 + 1 \cdot 1,05 + 10 \cdot 1,35 + 4 \cdot 1,65}{21} = 1,22 \text{ ч,}$$

- среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i (\theta - \theta_{cp})^2}{N}} = \sqrt{\frac{6(0,75 - 1,22)^2 + 1(1,05 - 1,22)^2 + 10(1,35 - 1,22)^2 + 4(1,65 - 1,22)^2}{21}} = 0,33 \text{ ч,}$$

- коэффициент вариации:

$$V(\theta) = \frac{\sigma_{\theta}}{\theta_{cp}} = \frac{0,33}{1,22} = 0,27.$$

- интенсивность устранения отказов:

$$\omega(\theta) = \frac{1}{\theta_{cp}} = \frac{1}{1,22} = 0,82 \text{ отказ/час.}$$

Были рассчитаны статистическая и вероятностная функции вероятности устранения отказов сломанных пальцев, путем замены новыми, и построены графики их изменений.

Рассчитана статистическая функция вероятности устранения отказов

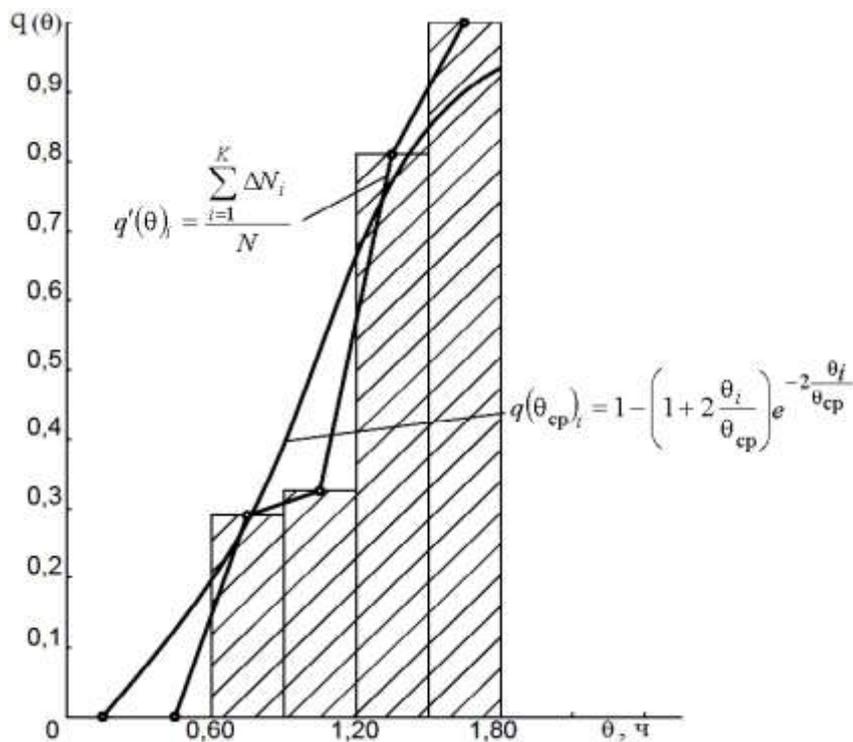
сломанных пальцев: 
$$q'(\theta)_i = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i}{N},$$

$$q'(\theta)_1 = \frac{0}{21} = 0, \quad q'(\theta)_2 = \frac{0}{21} = 0, \quad q'(\theta)_3 = \frac{6}{21} = 0,29, \text{ и т.д.}$$

Согласно полученных данных построен график статистической функции устранения отказов сломанных пальцев (рис. 4).

Согласно данным таблицы 2, используя закон распределения Эрланга, была рассчитана теоретическая функция устранения отказов сломанных пальцев [4]:

$$q(\theta_{\text{ср}})_i = 1 - \left(1 + 2 \frac{\theta_i}{\theta_{\text{ср}}}\right) e^{-2 \frac{\theta_i}{\theta_{\text{ср}}}}, \text{ и построен график изменения (рис. 4).}$$



**Рис. 4. Графики изменения статистической и теоретической функций устранения неисправностей сломанных пальцев**

Результаты расчетов:

$$\theta_1 = 0, q(0) = 1 - (1 + 0) 1 = 0, \quad \theta_2 = 0,3, \quad q(0,3) = 1 - \left(1 + 2 \frac{0,3}{1,22}\right) e^{-2 \frac{0,3}{1,22}} = 0,1,$$

$$\theta_3 = 0,6, \quad q(0,6) = 1 - \left(1 + 2 \frac{0,6}{1,22}\right) e^{-2 \frac{0,6}{1,22}} = 0,27 \text{ и т.д.}$$

В результате анализа и расчетов обобщенных статистических данных получены вероятностные показатели надежности и параметры устранения отказов пальцев. Проведен достаточный анализ, на основе которого пришли к следующим заключениям:

- долговечность пальцев сенокосилок низкая, в течение 24 рабочих дней сломано 32 пальца,
- для повышения их долговечности необходимо разработать и предложить новейшие методы качественного ремонта пальцев.

С целью повышения долговечности пальцев предлагается использовать простейший метод сварки, который применяется непосредственно в полевых условиях, и другой, относительно трудный метод – термодиффузионная обработка тугоплавких металлов, который желательно применять в заводских условиях [2].

### Литература

1. Волчкевич Л.И. Надежность автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1969. – 309 с.
2. Маркарян С.Е., Овсепян Г.С., Симонян А.Р. Повышение качественных характеристик пальца сенокосилки путем термохимической обработки. *UNIVERSUM // Технические науки* – М., 2018, Выпуск: 12(57). – С. 19-22.
3. Tarverdyan A., Markaryan S., Simonyan A. The grass mowing machines operational reliability and its raising methods in mountainous hayfields. *Annals of Agrarian Science*, Volume 16, Number 3, September 2018. – P. 309-312.

4. Шишонов Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. – М.: Советское радио, 1964. – 552 с.

### **References**

1. Volchkevich L.I. Reliability of automatic lines. – М.: Mashinostroenie, 1969. – 309 p.
2. Markaryan S.E., Hovsepyan G.S., Simonyan A.R. Improving the quality characteristics of the mowing machine finger by thermochemical processing. *UNIVERSUM // Technical Sciences* – М., 2018, Release: 12(57). – P. 19-22.
3. Tarverdyan A., Markaryan S., Simonyan A. The grass mowing machines operational reliability and its raising methods in mountainous hayfields. *Annals of Agrarian Science*, Volume 16, Number 3, September 2018. – P. 309-312.
4. Shishonok N.A., Repkin V.F., Barvinsky L.L. Fundamentals of the theory of reliability and operation of electronic equipment. – М.: Soviet Radio, 1964. – 552 p.