

Тарвердян Аршалуйс Погосович

доктор технических наук, профессор,

Академик

Национальная академия наук Республики Армения (2014)

Tarverdyan Arshaluys

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Academic

Armenian National Academy (2014)

Симонян Ален Рафаелович

аспирант

Армянского национального аграрного университета

Simonyan Alen

PhD Student of the

National Agrarian University of Armenia

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПАЛЬЦА СЕНОКОСИЛКИ КСГ-2,1 В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ СЕНОКОСОВ

POSSIBILITIES OF INCREASING THE DURABILITY OF THE FINGER OF THE KSG-2.1 GRASS MOWING MACHINE IN THE CONDITIONS OF THE MOUNTAIN HAYFIELDS

Аннотация. Исследована эксплуатационная надежность сенокосилки КСГ-2,1 и выявлены, что из восстанавливаемых деталей наиболее часто выходят из строя пальцы, которые деформируются и ломаются. Их замена новыми связана с большими затратами. Для ремонта сломанных стальных пальцев предлагается использовать метод сварки сломанных частей пальцев с помощью использования электродов ручной дуговой сваркой. Чтобы сравнить между собой уровень работоспособности новых и сваренных пальцев, в лабораторных условиях были испытаны на прочность с помощью пресса, а также проведены производственные испытания. Полученные результаты положительные.

Ключевые слова: косилка, сегмент, палец, надежность, отказ.

Summary. The operational reliability of the KSG-2,1 mowing machine has been investigated and it has been revealed that the most frequently damaged parts of the restored parts are fingers, which are deformed and broken. Replacing them with new ones is costly. To repair broken steel fingers, it is proposed to use the method of welding broken parts of fingers using electrodes using manual arc welding. In order to compare the level of performance of new and welded fingers, in the laboratory were tested for strength using a press, as well as production tests were carried out. The results are positive.

Key words: mower, segment, finger, reliability, failure.

В Республике Армения горные естественные сенокосы и пастбища являются основной кормовой базой для скотоводства. Но они каменистые, ухабистые, покрыты кочками и кустарниками. Поэтому в условиях горных сенокосов сеноуборочные машины работают с отказами.

В июле и августе 2017–2018 г.г. в районе «Елиджа» Гегамского горного хребта были проведены исследования надежности работы сеноуборочных машин в самых трудных условиях горных сенокос-

сов. В качестве объекта исследования была выбрана наиболее распространенная в республике сенокосилка марки КСГ-2,1. Исследованию подверглись 3 сенокосилки, проверялись их надежность и долговечность, выявлялись причины и характер отказов, их количество, а также время, необходимое для устранения неисправностей [4].

Анализ полученных статистических данных показал, что наиболее часто из строя выходят сегменты

(53%), пальцы (27%), ножи режущего аппарата (18%). Поломка пальцевого бруса составила всего 1,5%, а остальные поломки — 0,5%. У сенокосилок лишь сломанные сегменты не восстанавливаются, все остальные отказы деталей восстанавливаются. Из восстанавливаемых деталей сеноуборочных машин наиболее часто выходят из строя пальцы, которые деформируются и ломаются. Их замена новыми связана с большими финансовыми затратами и трудоемкостью.

Пальцы сенокосилки КСГ-2,1 изготавливаются из чугуна (КЧ 35, ГОСТ 1215–79) и стали (35Л, ГОСТ 977-75) [2]. Во время работы сенокосилки пальцы деформируются, ломаются, затяжка болтов ослабляется и болты ломаются. Поломки происходят из-за ударов о камни, кочки, ухабы, а также воздействия твердых стеблей сорняков и кустарников.

Чтобы выявить конкретный характер и причины поломок пальцев, представляем результаты расчетов надежности эксплуатации пальцев, анализ и конкретные предложения по повышению их надежности.

Статистические данные надежности работы пальцев на всех 3-х сенокосилках однородны. Поэтому полученные данные разработаны совместно, были построены статистические и вероятностные функции закономерности поломок пальцев в зависимости от времени эксплуатации.

Пределы интервалов и количество отказов пальцев для 3-х сенокосилок приведены в таблице 1.

Согласно статистическим данным, длительность безотказной работы пальцев 3-х сенокосилок составляет:

$$T_{\text{БЭ.№}} = \sum_{i=1}^{19} t_{i1} + \sum_{i=1}^{20} t_{i2} + \sum_{i=1}^{14} t_{i3} = 157,4 + 155,6 + 158,3 = 471,3 \text{ ч.}$$

Число интервалов получается —

$$K_{\text{общ}} = 1 + 3,3 \lg N_{\text{общ}} = 1 + 3,3 \lg 53 \approx 8,$$

а значение интервалов —

$$\Delta t = \frac{t_{\text{max}} - t_{\text{min}}}{7} = \frac{45,7 - 1,38}{7} \approx 6.$$

Определены вероятности статистической плотности распределения безотказной работы:

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

где: N — общее количество отказов пальцев косилок ($N=53$),

ΔN_i — число случаев отказов пальцев в интервале i .

$$f_1 = \frac{22}{53 \cdot 6} = 6,92 \cdot 10^{-2}, \quad f_2 = \frac{17}{53 \cdot 6} = 5,35 \cdot 10^{-2},$$

$$f_3 = \frac{8}{53 \cdot 6} = 2,52 \cdot 10^{-2} \text{ и т.д.}$$

После расчета построена вероятностная статистическая диаграмма плотности безотказной работы (рис. 1), которая показывает вероятность появления отказов в интервалах времени.

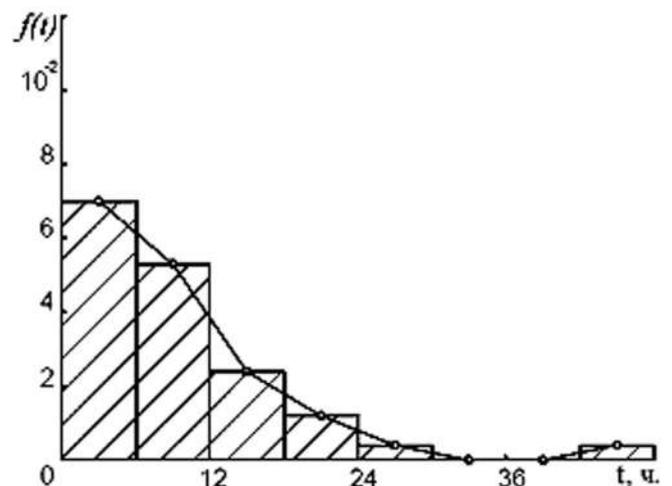


Рис. 1. Вероятностная статистическая диаграмма плотности безотказной работы пальцев 3-х сенокосилок во время разных отказов

Для определения закономерности изменения статистической и вероятностной диаграмм общей надежности пальцев сенокосилок, рассчитаны:

- математическое ожидание:

Таблица 1

Общее распределение интервалов для безотказной работы пальцев 3-х косилок

Номер интервала	Граница интервала	Количество отказов	Номер интервала	Граница интервала	Количество отказов	Номер интервала	Граница интервала	Количество отказов
1	0–6	22	4	18–24	4	7	36–42	0
2	6–12	17	5	24–30	1	8	42–48	1
3	12–18	8	6	30–36	0			

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i t_i}{N} = \frac{22 \cdot 3 + 17 \cdot 9 + 8 \cdot 15 + 4 \cdot 21 + 1 \cdot 27 + 1 \cdot 45}{53} =$$

$$= 9,34 \text{ ч,}$$

- интенсивность появления отказов:

$$\lambda(t) = \frac{1}{T_{cp}} = \frac{1}{9,34} = 0,11, 1/\text{ч,}$$

- среднее квадратическое отклонение:

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

$$= \sqrt{\frac{22(3-9,34)^2 + 17(9-9,34)^2 + 8(15-9,34)^2 + 4(21-9,34)^2 + 1(27-9,34)^2 + 1(45-9,34)^2}{53}} =$$

$$= 7,86 \text{ ч,}$$

- коэффициент вариации:

$$V(t)_i = \frac{\sigma_i}{T_{cp}} = \frac{7,86}{9,34} = 0,84.$$

Расчитаны числовые показатели статистической функции безотказной работы пальцев сенокосилок в определенных интервалах времени:

$$P'(t)_i = 1 - \frac{\sum_{i=1}^K \Delta N_i}{N}, P'(0) = 1 \text{ или } 100\%,$$

$$P'(6) = 1 - \frac{22}{53} = 58\%, P'(12) = 1 - \frac{22+17}{53} = 26\%,$$

$$P'(18) = 1 - \frac{22+17+8}{53} = 11\% \text{ и т.д.}$$

На основании расчетов построена диаграмма, представленная на рис. 2.

Закономерность изменения статистической функции показывает, что для расчета функции вероятности целесообразно использовать экспоненциальный закон распределения случайных величин. Это подтверждает также величина коэффициента вариации — $V(t) \approx 1$. Выбор этого закона подтверждает также тот факт, что отказы пальцев сенокосилок возникают случайно от воздействия ударных сил.

Величины функции $P(t)$ по интервалам рассчитаны, согласно экспоненциального закона:

$$t_1 = 0, x_1 = 0, P(0) = 1,0 = 100\%, t_2 = 6,$$

$$x_2 = \lambda t = 0,11 \cdot 6 = 0,66,$$

$$P(6) = e^{-0,66} = 0,52 = 52\%, t_3 = 12,$$

$$x_3 = 0,11 \cdot 12 = 1,32, P(12) = e^{-1,32} = 0,273 = 27\%:$$

Из рис. 2 видно, что кривые статистической и вероятностной функций надежности пальцев сенокосилок совпадают и это подтверждает то, что метод экспоненциального закона распределения случайных

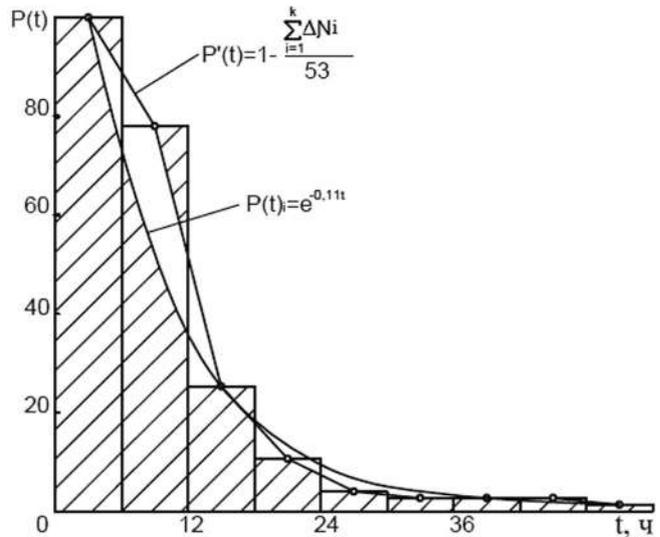


Рис. 2. Закономерности изменения статистической и вероятностной функций пальцев сенокосилок в зависимости от времени эксплуатации (для пальцев 3-х сенокосилок при разных отказах)

величин правилен и даже не имеет смысла проверять его достоверность.

Согласно рис. 2 после 3-х часов работы сенокосилок эксплуатационная надежность составляла 100% -ов. После чего начинаются отказы и надежность пальцев сенокосилок падает: в интервале 6–12, надежность пальцев составляет 52%, в интервале 12–18–27%, в интервале 18–24–14%, в интервале 24–30–7%, далее надежность резко падает.

Отказы пальцев отрицательно влияют на эксплуатационную надежность, а также на производительность и эксплуатационные расходы сенокосилок. Однако надо иметь в виду, что при исследовании состояния пальцев во время эксплуатации учитывались отказы: поломки и деформации пальцев, ослабление и поломка болтов, а также другие отказы. Кроме поломок пальцев, остальные отказы можно заранее предусмотреть, проверить при техническом обслуживании и предотвратить.

Большая часть отказов пальцев (64%) происходит из-за поверхностных и полускрытых камней, 22% — из-за воздействия ухабов, 14% — из-за воздействия твердых стеблей сорняков и кустарников [4].

Для ремонта сломанных пальцев необходимо разработать рациональную технологию. По нашему мнению и мнению специалистов наиболее простая и лучшая технология — сварка сломанных частей пальцев. Из наиболее известных методов был использован метод сварки сломанных частей пальцев с помощью использования электродов ручной дуговой сваркой. Было учтено, что при большом нагреве шов металла теряет марганец, углерод и силиций, а фосфор и сера полностью сохраняются [1; 3].

Необходимо также учесть, что основными параметрами ручной дуговой сварки являются сила

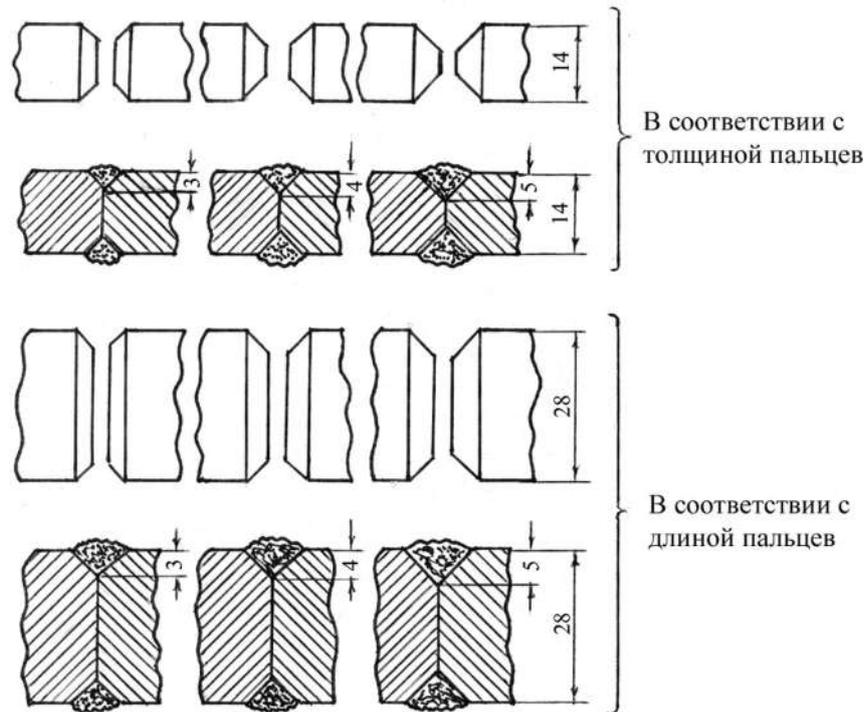


Рис. 3. Технологическая схема ремонта сломанных пальцев

тока, напряжение и скорость проведения сварки. Тип электрода выбирают исходя из химического состава свариваемого металла, согласно производственным паспортным данным электродов, взятых из действующих каталогов. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и расположения шва. Учитывая размеры пальцев, в нашем случае диаметр электрода должен быть 5–6 мм, а сила тока 200–300 А.

На рис. 3 представлена технологическая схема восстановления сломанных пальцев методом свар-

ки, из которой видно, что в тех частях сломанных пальцев, которые подлежат сварке, с 4-х сторон под углом 45° сделаны фаски глубиной 3, 4, 5 мм, которые залиты сваркой.

Чтобы сравнить между собой уровень работоспособности новых и сваренных пальцев, их в лабораторных условиях испытали на прочность с помощью гидравлического пресса ГМС-20 (рис. 4).

Для достижения поставленной цели 3 совершенно новых пальца (рис. 5а) были сломаны под прессом путем сжатия (рис. 5б), потом сломанные части



Рис. 4. Воздействие пресса на палец



Рис. 5. Пальцы: а) целые, б) сломанные под прессом, в) сваренные сломанные части, г) повторно сломанные

были сварены (рис. 5в) и испытаны под прессом до поломки (рис. 5г).

В результате опытов были получены следующие результаты:

- совершенно новые пальцы сломались под действием силы 41–44 кН;
- отремонтированные пальцы- с глубиной фасок 5 мм — 29 кН, 4 мм — 23 кН и 3 мм — 15 кН.

В течении 14 дней во время проведения сенокоса в период с 27 июля по 10 августа 2018 г. были получе-

ны положительные результаты работы сенокосилок с отремонтированными пальцами, случаев поломок отремонтированных пальцев зарегистрировано не было.

Подводя итоги проведенных исследований, можно гарантировать использование даже в полевых условиях разработанной технологии ремонта пальцев, с целью повышения их долговечности и уменьшения затрат на приобретение новых пальцев.

Литература

1. Крюковский Н. Ручная дуговая сварка плавящимся электродом. Сварка в машиностроении. Справочник 1, под редакцией Н. А. Ольшанского — М. Машиностроение, 1978. С. 144–163.
2. Особов В., Васильев Г. Сенокосильные машины и комплексы — М. Машиностроение, 1983. 304 с.
3. Сварка в машиностроении. Том 1, под редакцией Н. А. Ольшанского — М. Машиностроение, 1978. 504 с.
4. 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.

References

1. Kryukovsky N. Manual arc welding with a consumable electrode. Welding in mechanical engineering. Handbook 1, edited by N. And. Olshansky — M. Mechanical Engineering, 1978 — P. 144–163.
2. Osobov V., Vasilyev G. Hay-harvesting machines and complexes — M. Mashinostroenie, 1983 — 304 p.
3. Welding in mechanical engineering. Volume 1, edited by N. A. Olshansky — M. Mashinostroenie, 1978 — 504 p.
4. Markaryan S. E., Hovsepyan G. S., Simonyan A. R. Improving the quality characteristics of the finger mowers by thermochemical processing.