

**Габаев А.Х.**  
**Gabaev A. H.**

**НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОТКАЗНОСТЬ РАБОТЫ  
МОДЕРНИЗИРОВАННОГО СОШНИКА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ С  
ФТОРОПЛАСТОВЫМИ БОРОЗДООБРАЗУЮЩИМИ НАКЛАДКАМИ**

**SAFETY AND RELIABILITY OF OPERATION OF THE  
MODERNIZED CERNER OF THE GRAIN SEEDER WITH PTFE  
FURROUND-FORMING LINES**

В процессе эксплуатации машины подвергаются различным эксплуатационным воздействиям, в результате чего изменяется их техническое состояние, что ухудшает их технико-экономические показатели, уменьшаются рабочие скорости, увеличивается тяговое сопротивление, снижается производительность. Основные причины снижения исходных характеристик – изменение геометрии в результате изнашивания. К внешним факторам, влияющим на надежность относятся: климатические условия, свойства почвы, уровень технического обслуживания и ремонта. К внутренним факторам, вызывающим изменение исходных характеристик, относят несовершенство конструкции (физико-механические свойства материалов, используемых для изготовления деталей), технологии их изготовления и ремонта.

Надежность изделия – обобщенное свойство, которое включает в себя понятия безотказности и долговечности. Разделение надежности на эти две основные категории зависит от того, какой промежуток времени рассматриваются и учитываются мероприятия, связанные с восстановлением утраченной работоспособности.

Существенное влияние на долговечность оказывают свойства почвы, особенно при работе в условиях повышенной засоренности камнями и пожнивными остатками. При работе в тяжелых почвенно-климатических условиях в 1.5...3 раза увеличиваются нагрузки на рабочие органы сельскохозяйственных машин возрастает число отказов.

В статье приводятся результаты исследований, посвященные вопросам повышения надежности и безотказности работы бороздообразующих рабочих органов посевных машин для условий повышенной влажности и засоренности пожнивными остатками почв. В статье приводятся результаты исследований, посвященные вопросам надежности и работоспособности бороздообразующих рабочих органов посевных машин с полимерными бороздообразующими накладками. Проведена сравнительная оценка средней наработки на отказ и среднего времени на восстановление экспериментального бороздообразующего рабочего органа для зерновой сеялки и серийно выпускаемых сошников.

During operation the machines are subjected to various operational influences, as a result of which their technical condition changes, which worsens their technical and economic indicators, operating speeds decrease, traction resistance increases, and productivity decreases. The main reasons for the decrease in the initial characteristics are changes in geometry as a result of wearing out. External factors affecting reliability include: climatic conditions, soil properties, level of maintenance and repair. Internal factors causing a change in the initial characteristics include imperfection of the structure (physicomechanical properties of the materials used for the manufacture of parts), technology for their manufacture and repair.

Soil properties have a significant impact on longevity, especially when working in conditions of increased clogging with stones and crop residues. When working in severe soil and climatic conditions, the load on the working bodies of agricultural machines increases by 1.5 ... 3 times, the number of failures increases.

The article presents the results of studies on the issues of improving the reliability and uptime of the furrow-forming working bodies of sowing machines for conditions of high humidity and clogging with crop residues of soils. The article presents the results of studies on the reliability and performance of furrow-forming working bodies of sowing machines with polymer boron-forming pads. A comparative assessment of the mean time between failures and the average time to restore the experimental furrow-forming working body for a grain seeder and commercially available coulters is carried out.

**Ключевые слова:** почва; диск; сошник; борозда.

**Key words:** soil; disk; opener, furrow.

**Габаев Алий Халисович** – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры механизации сельского хозяйства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г.Нальчик

Тел.: 8-928-704-35-19;

E-mail: [Alii\\_gabaev@bk.ru](mailto:Alii_gabaev@bk.ru)

**Gabaev Alij Halisovich** – Candidate of Technical Sciences, Art. Lecturer, Department of Mechanization of Agriculture, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Tel.: 8-928-704-35-19

E-mail: [Alii\\_gabaev@bk.ru](mailto:Alii_gabaev@bk.ru).

**Введение.** Особенностью проблемы надежности является ее связь с этапами проектирования, изготовления и использования машины, начиная с момента, когда формируется и обосновывается идея создания нового узла и, кончая принятием решения о ее списании. Каждый из этапов вносит свою лепту в решение трудной задачи создания или модернизации машины или ее узлов требуемого уровня надежности с наименьшими затратами времени и средств. Основные решения по надежности, принятые на стадии проектирования непосредственно сказываются на ее эксплуатационных и экономических показателях, которые нередко вступают между собой в противоречие[1]. Каждое изделие характеризуется отдельными выходными параметрами – величинами, определяющими показатели качества данного изделия. Выходные параметры могут характеризовать самые разнообразные свойства данного изделия в зависимости от его назначения и технических требований, которые предъявляются [2]. Это могут быть показатели точности функционирования, механические и прочностные характеристики, кинематические и динамические параметры, экономические показатели и др.

**Цель.** При планировании испытаний на надежность одним из основных вопросов является установление необходимого и достаточного объема испытаний.

**Методология проведения работ.** Для получения достоверных и достаточно точных результатов необходим, как показывают расчеты с применением методов математической статистики, достаточно большой объем и длительное время испытаний [3]. Так, если известно, что отказы подчиняются нормальному и экспоненциальному законам распределения, то надо оценить необходимое число наблюдений для определения математического ожидания  $M_n(t)$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma$  для нормального закона и математического ожидания, а для экспоненциального закона

$$M_э(t) = \frac{1}{\lambda};$$

При этих условиях доверительные границы определяются: для  $M_э$  и  $\sigma$  с помощью  $\chi^2$ -распределения, а для  $M_n$  – с помощью распределения Стьюдента. Такие границы, подсчитанные при доверительности 0.98, показаны на рисунке 1, из графиков видно, что при малом числе  $n$  наблюдавшихся отказов ширина доверительного интервала, которая характеризует возможное отклонение в оценке параметра распределения, велика. Действительное значение параметра может в несколько раз отличаться от полученного из опыта значения соответствующей статистической оценки. С увеличением  $n$  границы доверительного интервала постепенно сужаются. Для получения достаточно точных и достоверных оценок требуется, чтобы при испытании наблюдалось большее число отказов, что, в свою очередь, требует значительного объема испытаний, особенно при высокой надежности объектов.

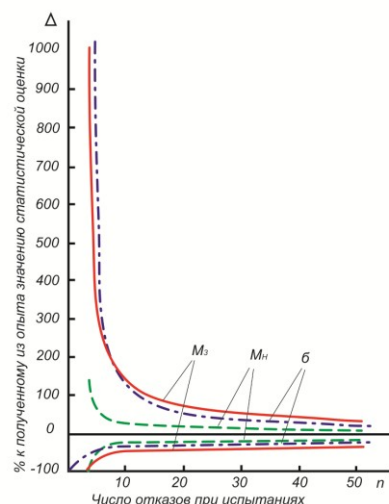


Рисунок 1 – Доверительные границы  $M_n$ ;  $\sigma$  и  $M_\sigma$  при коэффициенте доверия 0.98.

$n$  - число отказов при испытаниях;  $\Delta$  - возможные отклонения от полученной из опыта статистической оценки

Для объектов, выполняемых в небольшом числе, подобные объемы испытаний оказываются часто неосуществимыми.

В этом случае необходимо иметь суждение о надежности на основании ограниченного числа испытаний и при их ограниченной длительности. Это возможно сделать лишь при сочетании статистических методов с оценкой физической сущности процессов, приводящих к отказам, с применением ускоренных испытаний, с использованием методов моделирования, а также при сочетании испытаний с прогнозированием и расчетом надежности[4].

Если же невозможно и необходимо получение достаточного числа данных для их обработки методами математической статистики, то результаты испытания дадут полную информацию для определения всех основных показателей надежности. В этом случае для сокращения времени испытаний помимо применения методов ускоренных испытаний одновременно следуют возможно большее число объектов. Это достигается либо за счет использования специальных многоместных стендов, где одновременно находятся в режиме испытания  $N$  изделий, либо проведением испытаний сразу на нескольких стендах.

Испытания на надежность связаны с фактором времени и поэтому они могут быть различной продолжительности в зависимости от поставленной задачи.

Например, если не ставится задача повышения ресурса изделия, нет необходимости испытывать изделие на более продолжительный срок, чем это предусмотрено правилами эксплуатации машины (с учетом доли участия данного элемента в цикле работы машины).

Во многих случаях не удастся довести испытания до того момента, когда может быть зафиксирован отказ изделия, поскольку испытываемый экземпляр оказался весьма надежным и нет необходимости затрачивать время для его дальнейшего испытания.

Все варианты испытаний регламентируются заранее выбранным планом испытаний.

**Ход исследования.** Надежность работы бороздообразующего рабочего органа зерновой сеялки определяется возможностью выполнения им заданных функций в течение определенного промежутка времени. Состояние бороздообразующих рабочих органов, при котором он способен выполнять заданные функции – это работоспособное состояние. Нарушение работоспособного состояния или отказ возникает вследствие выхода из строя какой-нибудь части бороздообразующего рабочего органа, приводящее к неспособности его выполнять заданные функции. Установлено, что отказы, возникающие у изделия в случайные моменты времени, образуют простой пуассоновский поток событий, а длительность времени безотказной работы имеет показательное распределение. Исходя из этого, вероятность безотказной работы изделия определяется как:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $t$  – интервал времени

$\lambda$  – интенсивность отказов.

Интенсивность отказов определяет среднее количество отказов изделия за единицу времени:

$$\lambda = \frac{1}{T_0}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – среднее время безотказной работы или наработка на отказ.

Наработка на отказ:

$$T_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N T_i, \quad (3)$$

где  $m$  – количество отказов, произошедших у  $N$  изделий,

$t_i$  – наработка  $i$ -го изделия

Для восстановления изделия после отказа необходимо время, которое называется средним временем восстановления:

$$\tau = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \eta_i, \quad (4)$$

где  $\eta_i$  – время  $i$ -го восстановления.

Интенсивность восстановлений:

$$\mu = \frac{1}{\tau}, \quad (5)$$

Для оценки доли времени работоспособного состояния в течение его наработки используется стационарный коэффициент готовности [3]:

$$K = \frac{T_0}{T_0 + \tau} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}, \quad (6)$$

Вероятность того, что изделие окажется работоспособным в момент времени  $t$  определяется нестационарным коэффициентом готовности:

$$K(t) = K + ke^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (7)$$

где  $k=K-1$  – стационарный коэффициент простоя.

Надежность работы бороздообразующего рабочего органа нами оценивалось средней наработкой на отказ, вероятностью безотказной работы, средним временем восстановления и коэффициентом готовности.

Сущность исследований заключалась в том, что за период наработки экспериментального бороздообразующего рабочего органа сеялки фиксировались моменты времени наступления отказов бороздообразующих рабочих органов и продолжительность времени их восстановления. Нарработку на отказ определяли по выражению (3). Вероятность безотказной работы определяли по выражению (1). Среднее время восстановления определяли по

формуле (4). Стационарный и нестационарный коэффициенты готовности определяли по выражениям (6) и (7).

**Результаты исследования.** Исследования надежности работы экспериментального бороздообразующего рабочего органа по сравнению с серийными сошниками показали, что за период наработки девяноста часов у шести экспериментальных бороздообразующих рабочих органов произошло три отказа в то время как такого же количества серийных сошников произошло пять отказов.

Выявлено, что отказы серийных сошников связаны интенсивной залипаемостью рабочих поверхностей сошников при работе в условиях повышенной влажности почвы, что приводило к заеданию дисков при вращении, а также с затуплением режущей части дисков, требующей периодической заточки дисков [5]. Отказы экспериментальных бороздообразующих рабочих органов происходили вследствие отсоединения семяпровода от направителя семян и засорения нижней части трубки направителя семян.

**Вывод.** Средняя наработка на отказ составила 190 часов для экспериментального бороздообразующего рабочего органа и 110 часов для серийного сошника. Соответственно вероятность безотказной работы экспериментального бороздообразующего рабочего органа выше, чем серийного (рисунок 2).

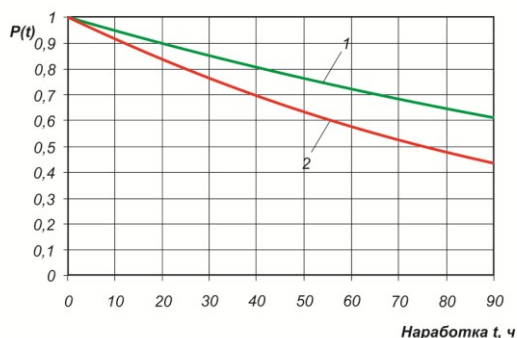


Рисунок 2 – Вероятность безотказной работы бороздообразующих рабочих органов зерновой сеялки  
1 – экспериментальный образец; 2 – стандартный, серийно выпускаемый сошник

Среднее время восстановления составило 0,45 часов для экспериментального бороздообразующего рабочего органа и 0,87 часа для серийного сошника. Стационарный коэффициент готовности составил 0,995 для экспериментального бороздообразующего рабочего органа и 0,990 для серийного сошника, что говорит о более высокой ремонтпригодности экспериментального бороздообразующего рабочего органа [6]. Нестационарный коэффициент готовности показывает большую вероятность работоспособного состояния экспериментального бороздообразующего рабочего органа по сравнению с серийным сошником.

### **Литература**

1. Бекаров А.Д., Габаев А.Х. Посев в условиях повышенной влажности почвы // Инновационная наука как основа развития современного государства. 2017. С. 177-180.
2. Каскулов М.Х., Нотов Р.А. Совершенствование технологии работы посевных машин в условиях повышенной влажности почв // Тракторы и сельхозмашины. 2013. №10. С. 51-52.
3. Кравченко И.Н., Зорин В.А., Пучин Е.А. Основы надежности машин. Ч. II. М.: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2006. 260 с.
4. Каскулов М.Х., Хахов, М. А., Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия КБНЦ РАН, №1 (9). Нальчик, 2003. С. 31-34.
5. Горячкин, В.П. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов [Текст] / В.П. Горячкин, А.Х. Гранвуане // М.: Колос, 1986. 358с.
6. Пат. 2631465 Российская федерация, МПК<sup>7</sup> А01С 7/20. Устройство для посева семян зерновых культур в условиях повышенной влажности почвы рядовым и узкорядным способами / Каскулов М.Х., Габаев А.Х.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. №2016148797; заявл. 12.12.2016; опубл. 22.09.2017, Бюл. № 27. 4с.

### **References**

1. Bekarov A.D., Gabaev A.H. Posev v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy // Innovacionnaya nauka kak osnova razvitiya sovremennogo gosudarstva. 2017. S. 177-180.



2. Kaskulov M.H., Notov R.A. Sovershenstvovanie tekhnologii raboty posevnyh mashin v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochv // Traktory i selhozmashiny. 2013. №10. S. 51-52.

3. Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A. Osnovy nadezhnosti mashin. CH. II. M.: Izd-vo VTU pri Federalnom agentstve specialnogo stroitelstva, 2006. 260 s.

4. Kaskulov M.H., Hahov, M. A., Issledovanie processa raboty rebristyh katkov posevnoj mashiny // Izvestiya KBNC RAN, №1 (9). Nalchik, 2003 g. S. 31- 34.

5. Goryachkin, V.P. Teoreticheskoe obosnovanie seyalok-kul'tivatorov / V.P. Goryachkin, A.H. Granvuane // M.: Kolos, 1986. 358 s.

6. Pat. 2631465 Rossijskaya federaciya, MPK7 A01S 7/20. Ustrojstvo dlya poseva semyan zernovyh kul'tur v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy ryadovym i uzkoryadnym sposobami/ Kaskulov M.H., Gabaev A.H.; zyavitel i patentoobladatel FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU. №2016148797; zayavl. 12.12.2016; opubl. 22.09.2017, Byul. №27. 4s.