

# ЧАСТИНА І. ОЦІНКА, НОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ

УДК 629.114.2.02-191

## К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Шуринов В.А., д.т.н., проф., генеральный конструктор<sup>1</sup>

Погорелый В.В., зам. директора по испытаниям<sup>2</sup>

Кухтов В.Г. д.т.н., проф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НПП "Херсонский машиностроительный завод"

<sup>2</sup> УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

<sup>3</sup> Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

*В статье рассмотрены вопросы нормирования показателей надежности зерноуборочных комбайнов, представлена информация о положениях нового отраслевого стандарта.*

Цель конструирования любой машины - создание изделия с заданными свойствами. В машине должны быть реализованы десятки заданных параметров - грузоподъемность, сила тяги, нагрузки на ось, динамический фактор, скорость, расход топлива, запас хода и др. Выбор этих показателей - основа управления качеством машины, а их совокупность характеризует ее эксплуатационные свойства [1, 2]. К сожалению, именно надежность во многих случаях является недостающим или слабым звеном в совокупности показателей - ее не просто выбрать, сложно обеспечить и трудно проверить. Между тем, упустив это звено на стадии создания машины, мы лишаемся фундамента управления ее надежностью.

Показатели надежности машины, агрегата или узла должны быть включены в задание на их проектирование. Этим закладывается основа технико-экономических показателей будущего изделия; удачное решение обеспечит максимум эффективности при минимуме затрат, неудачное решение приведет к потерям.

Нормирование показателей надежности сводит к минимуму, с одной стороны, возможные грехи производства, приводящие к отказам изношенных изделий в начальном периоде их эксплуатации; с другой - ограничивает появление старения элементов конструкции. Цель - создание изделия, у которого предельное состояние наступает не ранее заданной наработки, отказы в течение длительного периода не возникают, а по их появлению сравнительно легко устраняются.

Нормирование надежности (результат его - четкие количественные требования к изделию) влияет на весь процесс создания изделия, включая проектирование, испытания и доводку: размеры конструкции, материалы, технология и точность обработки деталей должны быть выбраны в зависимости от требуемой надежности. Для конструкторов, технологов, испытателей и специалистов по эксплуатации нормативные показатели надежности - ориентир при решении большинства практических задач, в частности, обеспечение надежности конструкций комбайнов.

Техническими условиями ТУ У29.3-34660016-214:2007 - Комбайны зерноуборочные самоходные КЗС-9-2 в разделе 2 "Показатели надежности" - предусмотрены следующие три показателя:

1. Средний срок службы (при годовой наработке 300 моточасов), лет не менее - 10.

2. Коэффициент готовности:

- по оперативному времени 0,97;

- с учетом организационного времени 0,95.

3. Оперативная трудоемкость ежедневного технического обслуживания (без заправки горючего), чел.-ч, не более 0,25.

Срок службы - календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние [1]. Носит справочный характер и нужен для проведения технико-экономических расчетов в сочетании со среднегодовой наработкой.

Коэффициент готовности по оперативному времени. В ТУ не указано, за какую наработку определяется показатель. Применительно к оценке надежности комбайнов не применяется из-за его низкой эффективности. Рекомендации по правилам изложения в технических условиях требований к показателям надежности даны в статье [3]. Рекомендуемая номенклатура показателей надежности для полнокомплектного комбайна "СКИФ" и его составных частей дана в табл.1.

По п.3 - отметим, что необходим перечень операций ежедневного технического обслуживания. Четверть часа (15 мин.) вызывает сомнения.

Основой обеспечения заданного уровня надежности машины являются ресурсы деталей. Ресурс детали, определяющий вероятность ее безотказной работы на протяжении заданной наработки и выбираемый с учетом требуемой величины вероятности, должен рассматриваться как важнейшая характеристика качества детали. Поэтому нередкая в настоящее время ситуация, когда завод-изготовитель не имеет представления о ресурсах большинства деталей выпускаемой ими машины, совершенно нетерпима. Нормирование должно сочетаться с количественными оценками надежности, достигнутой на стадиях испытаний и эксплуатации. Поскольку нормы являются статистическими, назначенными для групп техники, контрольные оценки надежности также должны быть статисти-

ческими.

Таблица 1. Рекомендуемая номенклатура показателей надежности для агрегатов, систем комбайнов "СКИФ" (среднегодовая наработка 300 моточас.).

Агрегаты, системы	Безотказность		Долговечность			Ремонтопригодность			
	наработка на отказ, м-ч	наработка на сложный отказ, м-ч	$\gamma\%$ ресурс агрегатов, м-ч	$\gamma\%$ ресурс деталей, м-ч	$\gamma\%$ ресурс до 1-го кап. ремонта, м-ч	трудоем-кость ТО за цикл 300 м-ч, чел.-ч	трудоемкость ежесменн. ТО, чел.-ч	трудоемкость ТО за цикл 1000 м-ч, чел.-ч	гарантийные обязательства
Двигатель	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Силовая передача	+	+	+	+	-	+	+	-	+
Жатвенная часть	+	+	+	+	-	+	+	-	-
Молотильная часть	+	+	+	+	-	+	+	-	-
Несущая и ходовая системы	-	-		ПСС*		-		-	+

\* ПСС - полный срок службы комбайна.

### Рекомендуемая номенклатура показателей надежности для полнокомплектного комбайна

1. Коэффициент технического использования (предпочтительно) либо коэффициент готовности.
2. Наработка на сложный отказ (II+III группы сложности), моточас.
3. Трудоемкость технического обслуживания за цикл 3000 моточас, чел.-ч.
4. Трудоемкость ежесменного технического обслуживания, чел.-ч.
5. Гарантийный срок в месяцах с указанием среднегодовой наработки.

Анализ опыта работ по обеспечению надежности с.-х. машин показывает, что как правило эти работы направлены на достижение оговоренного в техническом задании или технических условиях нормативного уровня. При этом стремятся повысить ресурс и срок службы, снизить число отказов и трудоемкость технического обслуживания до желаемого уровня, заданного экспертным путем. Технические и экономические обоснования долговечности и безотказности с.-х. машин и их составных частей в большинстве случаев отсутствуют.

Нормативы безотказности комбайнов и их составных частей (агрегатов, систем, деталей) с целью оперативной проверки необходимо разрабатывать для условий нормальной эксплуатации (ГОСТ 25866-93), т.е.

эксплуатации, при которой соблюдаются все требования заводской инструкции, нормативно-технической документации на ремонт и хранение. При этом парк комбайнов данной модели должен своевременно выполнять необходимые объемы работ в условиях реальной эксплуатации при затратах, не превышающих установленного уровня.

Нормативы разрабатываются последовательно: для машины, агрегатов, систем, узлов, деталей (рис. 1). Причем нормативы долговечности деталей необходимо разрабатывать с учетом критериев их предельного состояния (износ, усталостные повреждения, коррозия и др.).

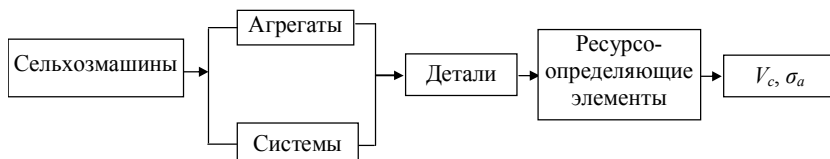


Рис. 1. Последовательность разработки нормативов надёжности

Учитывая вышеизложенное полагаем в качестве нормативов надёжности составных частей зерноуборочных комбайнов целесообразно принять гамма-процентные ресурсы с гарантированной вероятностью безотказной работы – 0,95.

Очевидно, достижение установленного ресурса машин и их составных частей возможно на основе нормирования и обеспечения ресурсов деталей. Применительно к изнашиваемым деталям это приводит к необходимости нормирования их износостойкости, которое позволит:

1) уточнить требования к материалам, термообработке и различным методам упрочнения поверхностей;

2) даст возможность (по накоплению опыта) использовать нормативы в качестве одного из критериев при выборе удельных нагрузок на изнашиваемые поверхности;

3) позволит в ряде случаев оценить износостойкость деталей на сравнительно ранних стадиях ресурсных испытаний опытных образцов новых изделий.

Наличие нормативов износостойкости рабочих поверхностей деталей, а также сведений о рассеивании их износов, дает возможность судить об информативности различных видов ускоренных испытаний и достоверности полученных оценок. Ниже кратко изложена методика нормирования износостойкости.

Увеличение долговечности деталей и соответственно узлов возможно лишь при условии, что износостойкость рабочих поверхностей деталей обеспечит заданный ресурс, т.е. скорость изнашивания должна быть такой, чтобы изнашиваемая поверхность не достигла предельного состояния ранее заданной наработки.

Нормативы износостойкости, необходимые для оперативного выявления деталей с неудовлетворительной износостойкостью должны разрабатываться, исходя из этого условия. При разработке нормативов и оценке соответствия фактических скоростей изнашивания нормативным необходимо учитывать:

- нелинейность динамики изнашивания, т.е. изменение скорости изнашивания в течение заданной наработки;
- вероятностный характер этого процесса, обуславливающий рассеивание износов одноименных деталей и скоростей их изнашивания.

Очевидно, при линейном изменении динамики изнашивания, т.е. при постоянной скорости изнашивания, максимально допустимая скорость изнашивания поверхности детали, из условия не достижения предельного состояния этой поверхностью ранее заданной наработки, определится как

$$V_n = \frac{3I}{t_n}, \quad (1)$$

где  $3I$  – запас на износ изнашиваемой поверхности, определяемый как разность предельного и начального размеров;

$t_n$  – величина заданного (нормативного) ресурса детали.

Однако, как известно, динамика изнашивания поверхностей многих деталей нелинейная. В многочисленных исследованиях установлено, что исходя из физики процесса изнашивания, для аппроксимации кривых изменения износа в зависимости от наработки наиболее подходит степенная функция вида

$$I(t) = V_0 t^\alpha + \Delta I, \quad (2)$$

где  $V_0$  – характеристика интенсивности изнашивания, зависящая от величины и характера нагрузки, свойств материала и абразива, а также от конструктивных характеристик деталей, сопряжений;

$\Delta I$  – показатель приработки;

$t^\alpha$  – координатная функция (приведенная наработка).

При линейном характере износа показатель степени  $\alpha = 1$ . В случаях, когда  $1 > \alpha > 1$ , износ нелинеен: при  $\alpha > 1$  скорость изнашивания по мере увеличения наработки возрастает, при  $\alpha < 1$  – уменьшается. При нелинейном изменении динамики изнашивания, аппроксимируемой степенной функцией, скорость изнашивания при наработке  $t_i$  определится из выражения

$$V_i = \frac{V_0 t_i^\alpha + \Delta I}{t_i}; \quad (3)$$

в случае, когда  $\Delta I = 0$

$$V_i = \frac{V_0 t_i^\alpha}{t_i}. \quad (4)$$

Средняя от начала эксплуатации скорость изнашивания в заданном интервале наработки определится как

$$\bar{V}_i = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N}, \quad (5)$$

где  $N$  – количество точек контроля величин износа в заданном интервале наработки.

Для определения нормативной скорости изнашивания приняты следующие положения.

1. Достижение деталью предельного износа влечет за собой отказ.

2. В качестве скорости изнашивания рабочей поверхности детали принимается скорость изнашивания, определенная по ГОСТ 23.002-88 и отнесенная к наработке или продолжительности работы сельхозорудия, без учета перерывов в работе деталей под нагрузкой.

3. По заданному нормативному ресурсу детали и величине запаса на износ (ЗИ) поверхности, определяемого как разность предельного и начального размеров, вычисляется нормативная скорость изнашивания (мкм/100 ч.), при которой требуемый ресурс детали будет достигнут без ремонта с вероятностью  $\gamma$ .

Нами разработан отраслевой стандарт (СОУ 74.3-37-04604309-786:2012), который устанавливает основные положения и общие правила задания требований при нормировании надежности сельскохозяйственной техники.

Этот стандарт устанавливает основные положения и общие правила задания требований при нормировании надежности сельскохозяйственной техники.

Стандарт распространяется на трактора и мобильные сельскохозяйственные машины, самоходные шасси, машины и оборудование сельскохозяйственного производства, в том числе машины и оборудования для обработки – почвы, животноводства, кормопроизводства и переработки сельскохозяйственного сырья, и их составные части (далее – машины или объекты).

Этот стандарт применяют для задания требований при нормировании показателей надежности.

Требования к надежности сельскохозяйственной техники состоят из совокупности качественных и количественных положений, регламентирующих уровень безотказности, долговечности, ремонтпригодности и хранения, которые устанавливаются для включения к нормативно-технической и конструкторской документации на машину в целом и ее составные части.

При задании требований к надежности определяют:

- типовые модели эксплуатации техники, согласно с которыми задаются

- требования к надежности;
- номенклатуру показателей, что подлежат нормированию;
- критерии отказов и предельных состояний элементов и машины в целом;
- нормативные значения показателей надежности машин и ее составных частей;
- методы контроля нормативных значений показателей.

Требования к надежности сельскохозяйственной техники должны включаться в спецификацию для комплектующих составных частей, что изготавливаются за контрактами, и быть основой для разработки процедур проверок, оценивания и испытаний.

#### **Список использованных источников**

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения – Введ. 01.07.90. – 30 с.
2. Кугель Р.В. Надежность машин массового производства. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
3. Кухтов В.Г., Гринченко О.С., Литвиненко В.Л., В.В. Погорілий. Вимоги до показників надійності сільськогосподарської техніки і методів їх контролю// Зб. наук. праць "Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва". ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 100. Харків. 2010. - 328с.
4. СОУ 74.3-37-04604309-786:2012. Загальні правила задання вимог при нормуванні надійності.

#### **Анотація**

### **ДО ПИТАННЯ ПРО НОРМУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**Шуринов В.О., Погорілий В.В., Кухтов В.Г.**

*В статті розглянуті питання нормування показників надійності зернозбиральних комбайнів, надана інформація про положення нового галузевого стандарту.*

#### **Abstract**

### **TO QUESTION ABOUT SETTING OF NORMS OF RELIABILITY COMBINE HARVESTERS**

**Shurinov V.A., Pogorelyy V.V., Kuhtov V.G.**

*The questions of setting of norms of reliability of combine harvesters indexes are considered in the article, information is given about positions of a new industry standard.*