

УДК 629.75.019

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**Ю.А. ЦАРЁВ, С.В. ФИЛОБОК, О.О. БАРАННИКОВА**

(Донской государственный технический университет)

*Предложено решение вопроса, связанного с повышением эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов за счет сокращения времени на доставку запасных частей в поле.*

**Ключевые слова:** эксплуатационная надежность, дилер, сельхозпроизводитель, зерноуборочный комбайн, запасные части, время на доставку.

**Введение.** Увеличивающаяся сложность технических устройств, возрастающая ответственность функций, выполняемых техническими системами, повышение требований к качеству изделий и условиям их работы, возросшая роль автоматизации управления техническими объектами – основные факторы, определившие главное направление в развитии науки о надежности. Машины становятся все более сложными, количество элементов в них исчисляется десятками тысяч. Если не принимать специальных мер по обеспечению надежности, то любая машина практически окажется неработоспособной.

Недостаточное по современным меркам качество и надежность отечественных зерноуборочных комбайнов, как результат их недостаточной отработки, выявленное на поздних этапах разработки и создания, приводит к значительному дорожанию процесса эксплуатации комбайнов. Установлено, что устранение конструктивных и производственных просчетов, снижающих надежность сложных технических систем, в ходе опытной отработки требует на порядок больших затрат, чем при проектировании, а при доработке серийных изделий, в условиях эксплуатации, эти затраты возрастают еще на два-три порядка.

Для современных комбайнов простои по причине низкой эксплуатационной надежности влекут за собой убытки, связанные не только с расходами на устранение отказов и простоями комбайнов, но и с потерями урожая из-за увеличения сроков уборки, биологическими потерями и несвоевременным выполнением необходимых агротехнических операций.

**Обоснование схемы эксплуатационной надежности.** Проведенный анализ методов, связанных с повышением эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов, показал [1], что одним из возможных направлений повышения надежности комбайнов в ходе ремонта и технического обслуживания является метод, направленный на сокращение времени на ремонт и восстановление ( $\tau_{\text{в}} = \tau_{\text{р}} + \tau_{\text{д}}$ ) зерноуборочных комбайнов за счет сокращения времени на ремонт ( $\tau_{\text{р}}$ ) и доставку ( $\tau_{\text{д}}$ ) в поле вышедших из строя деталей и сборочных единиц.

Поскольку ремонт и восстановление зерноуборочных комбайнов во многом определяется эффективной работой дилерской сети, которая не всегда может на территории России обеспечить срочную доставку запасных частей сельхозпроизводителю из-за больших расстояний между дилером и заводом-изготовителем (до 1000 км и более) в случае отсутствия необходимой у дилера запасной части, то предлагается внедрение дистрибьютерских структур (региональных складов), которые могли бы устранить недостатки существующей в настоящее время двухуровневой системы технического обслуживания [2].

Наличие региональных складов, обеспечивающее так называемую трехуровневую систему технического сервиса, позволяет обслуживать подведомственных дилеров и, таким образом, приближать складское хозяйство завода-изготовителя к потребителям.

Надежность восстанавливаемых систем, к которым относятся зерноуборочные комбайны, оценивается средней наработкой на отказ ( $T_o$ ), параметрами потока отказов ( $\lambda$ ), средним време-

нем восстановления ( $\tau_b$ ), интенсивностью восстановления ( $\mu$ ), коэффициентом готовности ( $K_r$ ) и другими показателями.

Расчетная схема надежности для восстанавливаемой элементной системы представлена на рис. 1.

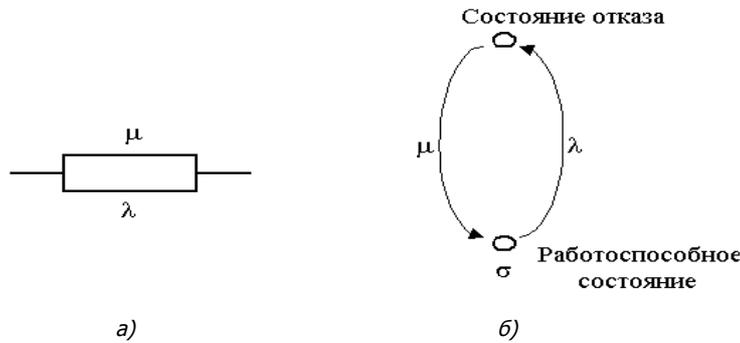


Рис. 1. Схема надежности: а – расчетная схема; б – схема функционирования

Восстанавливаемая система с интенсивностью  $\lambda$  стремится принять состояние отказа, а с интенсивностью  $\mu$  – перейти в работоспособное состояние. Предположив, что  $\lambda = \text{const}$ , можно наглядно увидеть, на сколько повысится надежность системы за счет увеличения  $\mu$  (сокращения времени восстановления  $\tau_b$ ) для определенного времени  $t$ . Например, при увеличении  $\mu$  в десять раз для момента  $\lambda/\mu = 1$  надежность повысится с  $G(t) = 0,41$  до  $G(t) = 0,95$ . На рис. 2 построен график функции готовности для экспоненциального закона распределения при  $\lambda/\mu = \text{const}$ .

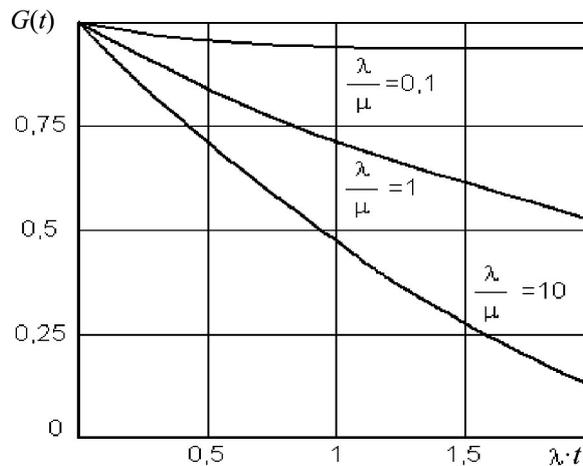


Рис. 2. Функция готовности восстанавливаемой системы при различных  $\lambda/\mu$

Вероятность работоспособного состояния системы в момент времени  $t$  представляет собой функцию готовности  $G(t)$  [3]. Этот показатель является комплексным показателем надежности, оценивающим два свойства системы – безотказность и ремонтпригодность. Функция готовности  $G(t)$  дает оценку не за весь период от 0 до  $t$ , а только в заданный момент времени  $t$ , поскольку до этого восстанавливаемая система могла находиться как в работоспособном (0), так и в неработоспособном (1) состояниях:

$$G(t) = f(\lambda, \mu, t). \quad (1)$$

Асимптотическое значение функции готовности [см. формулу (1)] при  $t \rightarrow \infty$  есть коэффициент готовности [3]:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} G(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = K_r. \quad (2)$$

Таким образом, коэффициент готовности, задаваемый в технических условиях на зерноуборочные комбайны, представляет собой вероятность того, что система окажется работоспособной в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование системы по назначению не предусматривается.

Переход системы из неработоспособного (предельного) состояния в работоспособное осуществляется с помощью операций восстановления или ремонта. К первым, в основном, относятся операции идентификации отказа (определение его места и характера), замены, регулирования, заключительных операций контроля работоспособности системы в целом. Однако для того, чтобы произвести ремонт по замене отказавшего узла или детали необходимо доставить их к месту ремонта, на что может потребоваться значительное время.

При анализе надежности комбайна используем ряд наиболее часто вводимых допущений.

1. Поток отказов в системе простейший, т. е. выполняются требования ординарности, стационарности и отсутствия последствия ( $\lambda = 1/T_o = \text{const}$ ).

2. Поток восстановлений простейший, т. е.  $\mu = 1/\tau_b = \text{const}$ .

3. Восстановление происходит посредством ремонта или замены с последующей настройкой и проверкой работоспособности или исправности системы за одно и то же время  $\tau_b$ .

**Пример.** Имеется восстанавливаемая система – зерноуборочный комбайн, у которого параметр потока отказов  $\lambda = 0,01 \text{ ч}^{-1}$  ( $T_o = 100 \text{ ч}$ ), средняя интенсивность восстановления  $\mu = 0,2 \text{ ч}^{-1}$  ( $\tau_b = 5 \text{ ч}$ ). Оценка надежности комбайна за сезон (год) эксплуатации по техническим условиям определяется коэффициентом готовности. Определить, на сколько повысится надежность комбайна за счет внедрения трехуровневой системы складского хозяйства, если интенсивность восстановления системы повысилась в два раза (сократилось вдвое время восстановления до  $\tau_b = 2,5 \text{ ч}$ , например, за счет сокращения времени на доставку отказавших узлов  $\tau_d$ ),  $\mu = 0,4 \text{ ч}^{-1}$ .

Коэффициент готовности системы до улучшения организации труда дилерской системы составлял [см. формулу (2)]:

$$K_r = 0,2 / (0,2 + 0,01) = 0,952.$$

При улучшенной организации труда за счет сокращения времени на доставку и приближения мест складирования вышедших из строя деталей и узлов комбайна

$$K_r = 0,4 / (0,4 + 0,01) = 0,977,$$

что позволяет на 3 % повысить эффективность использования зерноуборочного комбайна.

**Заключение.** Использование модели трехуровневой системы складского хозяйства на предприятиях технического сервиса позволяет обеспечивать оперативную доставку запасных частей к зерноуборочным комбайнам в течение 24 часов, что позволяет повышать эксплуатационную надежность и эффективность сельскохозяйственного производства.

### Библиографический список

1. Фёдоров Е.М. Обеспечение надежности при эксплуатации машин: метод. указания к практическим занятиям по дисциплине «Надежность технических систем» / Е.М. Фёдоров. – РГАСХМ, Ростов н/Д, 2002. – 56 с.
2. Царёв Ю.А. Оптимизация многоуровневого складского хозяйства предприятий технического сервиса / Ю.А. Царёв, А.А. Рябых // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 12.
3. Ксенофонов А.С. Надежность технических систем: учеб. пособие / А.С. Ксенофонов. – КБГУ, 2010.

Материал поступил в редакцию 12.10.2011.

### **References**

1. Fyodorov E.M. Obespechenie nadyozhnosti pri e`kspluatacii mashin: metod. ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam po discipline «Nadyozhnost` texnicheskix sistem» / E.M. Fyodorov. – RGASXM, Rostov n/D, 2002. – 56 s. – In Russian.
2. Czaryov Yu.A. Optimizaciya mnogourovnevnogo skladskogo khozyajstva predpriyatij texnicheskogo servisa / Yu.A. Czaryov, A.A. Ryaby`x // Traktory` i sel`hozmashiny`. – 2010. – # 12. – In Russian.
3. Ksenofontov A.S. Nadyozhnost` texnicheskix sistem: ucheb. posobie / A.S. Ksenofontov. – KBGU, 2010. – In Russian.

### **METHOD OF INCREASING COMBINE HARVESTER MAINTAINABILITY**

**Y.A. TSAREV, S.V. FILOBOK, O.O. BARANNIKOVA**

(Don State Technical University)

*The solution to the problem connected with increasing the service reliability of the combine harvesters at the expense of cutting time on the delivery of spare parts to the field is offered.*

**Keywords:** *maintainability, dealer, agricultural producer, combine harvester, spare parts, delivery time.*