

УДК 631.331.4.75

05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

О НОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ СЛОЖНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Царев Юрий Александрович

д-р техн. наук, профессор

SPIN-код автора: 3585-8390

ycarev@donstu.ru*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия*

Царев Олег Юрьевич

консультант по ИТ

myaucha-pyt@yandex.ru*/«Ipads Professional Siemens»/, Москва, Россия*

Перед каждым сельхозпроизводителем всегда стоит задача получать от завода-изготовителя надежные и дешевые сельскохозяйственные машины. А перед заводом-изготовителем всегда стоит проблема продать больше сложных сельскохозяйственных машин с учетом требований сельхозпроизводителя. Таким образом, существует некоторое противоречие между потребителем и производителем - надежные машины не могут быть дешевыми. Рассматривается подход, который бы мог удовлетворить существующие противоречия за счет нормирования показателей надежности деталей, сборочных единиц и агрегатов сложных сельскохозяйственных машин. В качестве исходных показателей, которые задаются в технических условиях на сложные сельскохозяйственные машины, рассматриваются показатели надежности: коэффициент готовности (и его частный случай – коэффициент технического использования, как отношение суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к суммарному времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных ремонтом за тот же период); средняя наработка на отказ как отношение суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к количеству отказов за то же время пребывания объекта в работоспособном состоянии (и ее частный случай – средняя наработка до отказа, как математическое ожидание наработки объекта до отказа). Поскольку потребитель всегда прав, то для производителя предлагается, на этапе проектирования и опытной отработки сложных сельскохозяйственных машин, простое правило нормирования показателей надежности деталей,

UDC 631.331.4.75

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ON THE NORMALIZATION OF RELIABILITY INDICATORS OF PARTS AND ASSEMBLY UNITS OF COMPLEX AGRICULTURAL MACHINES

Tsarev Yuri Alexandrovich

Dr.Sci.Tech., Professor

RSCI SPIN-code: 3585-8390

ycarev@donstu.ru*Don state technical University, Rostov-on-don, Russia*

Tsarev Oleg Yurievich

IT consultant

myaucha-pyt@yandex.ru*/«Ipads Professional Siemens»/, Moscow, Russia*

Every agricultural producer always has a desire to receive reliable and cheap agricultural machines from the manufacturer. And the manufacturer always faces the problem of selling more complex agricultural machines, taking into account the requirements of the agricultural producer. Thus, there is some contradiction between the consumer and the manufacturer - reliable machines cannot be cheap. An approach is considered that could satisfy the existing contradictions by rationing the reliability indicators of parts, assembly units and aggregates of complex agricultural machines. Reliability indicators are considered as initial indicators that are set in the technical conditions for complex agricultural machines: the availability coefficient (and its special case is the coefficient of technical use, as the ratio of the total time spent by the object in working condition for a certain period of operation to the total time spent by the object in working condition and downtime caused by repairs for the same period period); the average time to failure as the ratio of the total time spent by the object in working condition for a certain period of operation to the number of failures during the same time the object is in working condition (and its special case is the average time to failure, as the mathematical expectation of the operating time of the object to failure). Since the consumer is always right, it is proposed for the manufacturer, at the design stage and experimental testing of complex agricultural machines, a simple rule for rationing reliability indicators of parts, assembly units and aggregates, which should proceed from the timing of technical services, and simply be a multiple of them

сборочных единиц и агрегатов, которое должно исходить из сроков проведения технических обслуживаний, и просто быть им кратным

Ключевые слова: СЛОЖНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МАШИНА, КОЭФФИЦИЕНТ ГОТОВНОСТИ, НАРАБОТКА ДО ОТКАЗА, ДЕТАЛЬ, СБОРОЧНАЯ ЕДИНИЦА, АГРЕГАТ

Keywords: COMPLEX AGRICULTURAL MACHINE, AVAILABILITY FACTOR, OPERATING TIME TO FAILURE, PART, ASSEMBLY UNIT, UNIT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-184-022>

Введение и цель.

Обычно от завода-изготовителя сложных сельскохозяйственных машин отечественного производства сельхозпроизводители требуют высоких значений показателей надежности. Однако сельхозпроизводителям (потребителям этих машин) совсем неинтересно знать, что эта машина (за нормативную сезонную наработку), например, самоходный зерноуборочный комбайн имеет по техническим условиям (ТУ) **коэффициент готовности** по оперативному времени [1, 3, 9], не менее 0,98, и **средняя наработка на отказ** II группы сложности не менее 80 ч [1, 9]. Сельхозпроизводителю важно, чтобы этот зерноуборочный комбайн безотказно работал в течение уборочного сезона. А вот расчет показателей надежности деталей, сборочных единиц и агрегатов самоходного зерноуборочного комбайна, обеспечивающих безотказную работу, в продолжении темы повышения надежности [7], это прерогатива конструкторского бюро и технического управления завода-изготовителя.

Материал.

Рассмотрим, чем может руководствоваться конструкторское бюро (КБ) при нормировании показателей надежности деталей, сборочных единиц и агрегатов сложных сельскохозяйственных машин, например, самоходного зерноуборочного комбайна. КБ должно учитывать особенности, в которых работает сложная сельскохозяйственная машина. Прежде всего любая сложная сельскохозяйственная машина, машина

универсальная. Так, например, самоходный зерноуборочный комбайн должен работать на разных культурах и в разных комплектациях. В ТУ на самоходный зерноуборочный комбайн показатели надежности задаются из условий его работы на прямом комбайнировании пшеницы. С точки зрения науки, это формалистика. Значит в другой комплектации самоходного зерноуборочного комбайна КБ завода-изготовителя никакой ответственности перед сельхозпроизводителем с точки зрения надежности не несет.

Поэтому необходимо искать общие подходы к заданию показателей надежности при создании сложных сельскохозяйственных машин, которые были бы не зависимы от перечисленного выше недоразумений и удовлетворяли как сельхозпроизводителей, так и заводы-изготовители.

Если исходить при нормировании показателей надежности из понятия, что **коэффициент готовности** по оперативному времени ($K_2 = 0,98$) – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени [3, 9], то вероятность безотказной работы P_i каждой детали зерноуборочного комбайна, при условии их последовательного соединения и равенства $P_1 = P_2 = \dots = P_{n-1} = P_i$, $i = 1 \dots N$, приблизительно может определяться из формулы

$$K_2 = P_i^N \rightarrow Lg P_i = Lg K_2 / N \rightarrow P_i \approx 0,999996 \dots ,$$

где $N \sim 5000$ – ориентировочное количество деталей в комбайне, шт.;

$K_2 = 0,98$ - коэффициент готовности (ТУ),

что практически для конструкторского бюро завода-изготовителя не имеет смысла, это так же может относиться как к сборочным единицам, так и агрегатам сложной сельскохозяйственной машины.

Если исходить из того, что коэффициент готовности (за нормативную сезонную наработку) по оперативному времени K_2 [3, 9], что по аналогии может соответствовать **коэффициенту технического использования** $K_{ми}$ (отношение математического ожидания суммарного времени пребывания

объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период [2,3]), тогда

$$K_2 = T / (T + T_в), \quad (1)$$

где T – суммарное время пребывания комбайна в работоспособном состоянии, ч;

$T_в$ – суммарное время ремонта (без учета технического обслуживания), ч.

Из ТУ на зерноуборочные комбайны известно, что за сезон суммарное время пребывания комбайна в работоспособном состоянии, на уборке пшеницы, 350 мото.-ч [1], что приблизительно $T \approx 230$ ч.

$$T = 350 * K = 350 * 0,65 \approx 230 \text{ (ч)},$$

где $K = 0,65$ – статистически определенный переводной коэффициент из мото.-ч в часы [2, 4, 5].

Если принять, что $K_2 = 0,98$, тогда исходя из (1)

$$0,98 = 230 / (230 + T_в) \rightarrow T_в \approx 4 \text{ ч.}$$

Существуют отказы I-ой, II-ой и III-й групп сложности [2, 4], причем по техническим условиям отказы деталей и сборочных единиц III-й группы сложности не допускаются; норматив на отказы I-ой и II-ой групп сложности, например, для зерноуборочных комбайнов нормированы стандартами и находятся соответственно в диапазоне 0,24 ч (0,24 ч + 1 ч – на доставку) и 0,75 ч (0,75 ч + 1 ч – на доставку). Таким образом, за сезон допускаются до 16 отказов только I-ой группы сложности, или только до 5 отказов II-ой группы сложности. По ТУ предполагается не учитывать при оценке надежности отказы I-ой группы сложности, тогда количество отказов II-ой группы сложности за сезон возможно от 2 до 5.

Исходя из полученных значений возможных отказов II-ой группы сложности за сезон, $n = 2 - 5$, **средняя наработка на отказ II-ой группы**

сложности $T_{ср.о} = 80$ ч [1] (отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки [9]), а это второй показатель надежности, который задается в ТУ на самоходный зерноуборочный комбайн

$$T_{ср.о} = T/n = 46 - 115 \text{ ч}, \quad (2)$$

где $T = 230$ ч, $n = 2 - 5$, что в среднем составляет $T_{ср.о} \approx 80$ ч, при, например, установленным среднеквадратическом отклонении $\sigma \approx 10$ ч, и в случае принятия, что наработка до отказа подчиняется нормальному закону распределения.

Положим, что средняя наработка на отказ II-ой группы сложности $T_{ср.о}$, соответствует **средней наработки до отказа $T_о$** (математическое ожидание наработки объекта до отказа [2-4]). Тогда можно принять конструктору для руководства, как исходное $T_о = 80 \pm 10$ ч, что в целом не противоречит требованиям ТУ, и дает точность оценки в $2\sigma \approx 68,2\%$ [5, 6].

Напрашивается простое правило нормирования показателей надежности для деталей, сборочных единиц и агрегатов сложных сельскохозяйственных машин, которое должно исходить из сроков проведения технических обслуживаний (ТО-1, ТО-2 и т.д.) [5, 6].

Например, для самоходных зерноуборочных комбайнов отечественного производства $T_{ТО-1} = (60 \text{ ч}; 120 \text{ ч}; 180 \text{ ч})$, $T_{ТО-2} = 240$ ч, поэтому очевидным становится утверждение для конструкторов, что средняя наработка до отказа деталей, сборочных единиц и агрегатов должна быть кратным сроку очередного ТО, но не меньше, при установленном среднеквадратическом отклонении.

Для рассмотренного случая, например, с самоходным зерноуборочным комбайном отечественного производства РСМ-142 «AKROS», конструктору надо руководствоваться при расчете средней наработки до отказа детали, сборочной единицы и агрегата, например, если

это ТО-1, то средняя наработка до отказа $T_o = T_{\text{ТО-1}} + 2\sigma = (60 + 2\sigma)$ ч, с последующей заменой сельхозпроизводителем или дилером, еще не отказавшей детали, сборочной единицы или агрегата, но с уже истекающим значением средней наработки до отказа.

Общее требование. Например, для самоходных зерноуборочных комбайнов средняя наработка до отказа в ч, для деталей, сборочных единиц, агрегатов, должна строиться из условий: $60 + 2\sigma$; $120 + 2\sigma$; $180 + 2\sigma$; $240 + 2\sigma$ и т.д., тем самым обеспечивая заданное в ТУ значение средней наработки на отказ, независимо от комплектации и убираемой культуры для любой сложной сельскохозяйственной машины.

Вывод.

Для конструкторских бюро заводов-изготовителей, создающих сложные сельскохозяйственные машины, совет такой, чтобы были удовлетворены сельхозпроизводители, средняя наработка до отказа деталей, сборочных единиц, агрегатов сложных сельскохозяйственных машин, должна быть кратными ТО, но несколько больше, на величину двух среднеквадратических отклонений. А для сельхозпроизводителей, меняйте детали, сборочные единицы и агрегаты своевременно, с учетом рекомендаций конструкторов, при завершении срока их средней наработки до отказа, даже если они еще не вышли из строя.

Однако сельхозпроизводители должны влиять на заводы-изготовители и дилерские организации, в том плане, что в сервисной книжке на сложную машину заводом-изготовителем может быть указано такое количество деталей, сборочных единиц, агрегатов, подлежащих замене, при очередном ТО, что для сельхозпроизводителя это окажется очень накладно. На этом принципе должно быть взаимодействие между сельхозпроизводителем и заводом-изготовителем, но это уже другая задача [7, 8].

Список использованных источников.

1. Комбайны самоходные зерноуборочные. РСМ-142 «AKROS». Технические условия. ТУ 4735-009-70658126-2006. ООО «КЗ Ростсельмаш». - Ростов-на-Дону, 2008. - 37 с.
2. ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. - М.: Изд-во стандартов, 2007. - 39 с.
3. ГОСТ 27.002-2015. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 2015. - 30 с.
4. ГОСТ 28.301-2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. - М.: Изд-во стандартов, 2015. - 43 с.
5. Царев Ю.А., Алексеев О.В. Состав и общие правила задания требований по надежности для СХМ // Инновационные технологии в науке и образовании «ИНТО-2014». Сборник научных трудов междунар. науч.-метод. конф.п., 2014. – С. 445-448.
6. Симон Д.В. Модульный принцип повышения эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов: дис. ... канд. техн. наук. 05.20.03. / Денис Владимирович Симон. – М. «Рос. гос. агр. унив. МСХА им. К.А. Тимирязева», 2016. - 218 с.
7. Царев Ю.А. Сервисная книжка или как повысить надежность сложной сельскохозяйственной техники / Ю.А. Царев, Е.Ю. Адамчукова, С.В. Белоусов, Д.Г. Мельников // Полит. сет. элект. науч. журнал КубГАУ. 2020, № 161. - С. 290-297.
8. Мельников Д.Г. «Точка морального старения» сложной сельскохозяйственной техники. / Д.Г. Мельников, Ю.А. Царев, Е.Ю. Адамчукова // Тракторы и сельхозмашины. 2020, № 4. - С. 76-88.
9. ГОСТ 27.002-89. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 69 с.

References

1. Kombajny samohodnye zernouborochnye. RSM-142 «AKROS». Tekhnicheskie usloviya. TU 4735-009-70658126-2006. ООО «KZ Rostsel'mash». - Rostov-na-Donu, 2008. - 37 s.
2. GOST 28301-2007. Kombajny zernouborochnye. Metody ispytaniy. - M.: Izd-vo standartov, 2007. - 39 s.
3. GOST 27.002-2015. Mezhhosudarstvennyj standart. Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya. - M.: Izd-vo standartov, 2015. - 30 s.
4. GOST 28.301-2015. Kombajny zernouborochnye. Metody ispytaniy. - M.: Izd-vo standartov, 2015. - 43 s.
5. Carev Yu.A., Alekseev O.V. Sostav i obshchie pravila zadaniya trebovaniy po nadezhnosti dlya SHM // Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii «INTO-2014». Sbornik nauchnykh trudov mezhdunar. nauch.-metod. konf.p., 2014. – S. 445-448.
6. Simon D.V. Modul'nyj princip povysheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti zernouborochnykh kombajnov: dis. ... kand. tekhn. nauk. 05.20.03. / Denis Vladimirovich Simon. – M. «Ros. gos. agr. univ. MSHA im. K.A. Timiryazeva», 2016. - 218 s.
7. Carev Yu.A. Servisnaya knizhka ili kak povysit' nadezhnost' slozhnoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki / Yu.A. Carev, E.Yu. Adamchukova, S.V. Belousov, D.G. Mel'nikov // Polit. set. elekt. nauch. zhurnal KubGAU. 2020, № 161. - S. 290-297.
8. Mel'nikov D.G. «Tochka moral'nogo stareniya» slozhnoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki. / D.G. Mel'nikov, Yu.A. Carev, E.Yu. Adamchukova // Traktory i sel'hozmashiny. 2020, № 4. - S. 76-88.
9. GOST 27.002-89. Mezhhosudarstvennyj standart. Nadezhnost' v tekhnike. Osnovnyye ponyatiya. Terminy i opredeleniya. - M.: Izd-vo standartov, 2002. - 69 s.