

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ УСЕЧЁННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Королев А.Е.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, эксплуатационные наблюдения, показатели безотказности, распределение и закономерности отказов.

Аннотация. В статье рассматривается точность оценки показателей надёжности технических устройств по результатам эксплуатационных наблюдений. Испытание техники проводится с целью оценки показателей надёжности и соответствия их установленным требованиям. Обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет получить достоверные сведения о закономерностях и причинах отказов изделий. План испытания предусматривает назначение числа объектов наблюдения и условий его проведения. Погрешности определения показателей надёжности возникают вследствие недостаточности объёма выборки и потери части информации. На основании эксплуатационных наблюдений за комбайнами оценивается точность определения вероятности безотказной работы и средней наработки на отказ при различных программах исследования. Установлено, что для обеспечения допустимой ошибки расчёта контролируемых показателей возможно сокращение до 60% продолжительности испытания.

EVALUATION THE VERACITY OF TRUNCATED TESTS OF TECHNICAL SYSTEMS

Korolev A.E.

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen

Keywords: combine harvester, exploitative observations, indicators the failure-free, distribution and patterns of refusals.

Abstract. The article discusses the accuracy of estimating the reliability indicators of technical devices based on the results of exploitative observations. Testing of the technics is carried out in order to assess the reliability indicators and their compliance with the established requirements. A substantiation method of collecting and processing information allows you to obtain reliable information about the consistent patterns and causes refusals the products. The test plan provides for the appointment of the number of observation objects and the conditions for its conduct. Inaccuracies in determining reliability indicators arise due to insufficient sample volume and loss of part of the information. On the basis of operational observations of harvesters accuracy of determination of probability of failure-free operation and mean time between failures at various programs of research is estimated. It was established that to ensure a permissible error in calculating the controlled indicators, it is possible to reduce to 60% the test duration.

Испытания выполняются с целью определения качественных и количественных характеристик машин или оценки их соответствия установленным требованиям [1]. Эксплуатационные испытания устройств проводят в реальных хозяйственных условиях. Обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет получить достоверные сведения о надёжности изделий, режимах и условиях их работы, причинах отказов и их физической сущности [2]. Испытания на надёжность в условиях эксплуатации связаны с организационными трудностями и требуют продолжительных наблюдений, в

тоже время при ограниченном объёме выборки сложно обеспечить статистическую однородность партии изделий [3]. Планирование испытаний предусматривает выбор типа плана испытаний, определение числа объектов испытаний и условий их проведения. При определении показателей надёжности возможны два варианта, различающиеся наличием или отсутствием информации о виде закона распределения наработки до отказа. В первом случае применяют параметрические методы оценки, при которых сначала оценивают параметры закона распределения, а затем определяют показатель надёжности как функцию от оцененных параметров. Во втором случае применяют непараметрические методы, при которых показатели надёжности оценивают непосредственно по опытным данным. Исходными данными для расчета объема испытаний являются план испытаний, предельная относительная ошибка, доверительная вероятность, вид закона распределения случайной величины, коэффициент вариации, объем совокупности. При усечении по времени испытания ведут до появления достаточной доли отказавших объектов из общего числа поставленных на испытание. Случайность возникновения неисправностей приводит к тому, что оценка достоверности этого события имеет также вероятностный характер [4]. Погрешности при определении показателей надёжности объектов результате эксплуатационных наблюдений возникают вследствие ограниченности объёма выборки (статистическая погрешность) и потери части информации об отказах (систематическая погрешность). Точность результатов характеризуется их близостью к действительным значениям в конкретных условиях испытания.

Ранее проведёнными исследованиями были определены показатели безотказности 10 комбайнов Дон-1500Б [5]. За сезон их работы выявлено суммарно 40 отказов. По этим результатам выполняем последовательное усечение информации на следующих уровнях: 20, 40, 60 и 80% от общего объёма данных. Показатели безотказности определялись по установленным методикам, а их закономерности регрессионным и корреляционным анализом.

По составленной таким образом исходной информации установлены закономерности изменения безотказности объектов наблюдения (рис. 1).

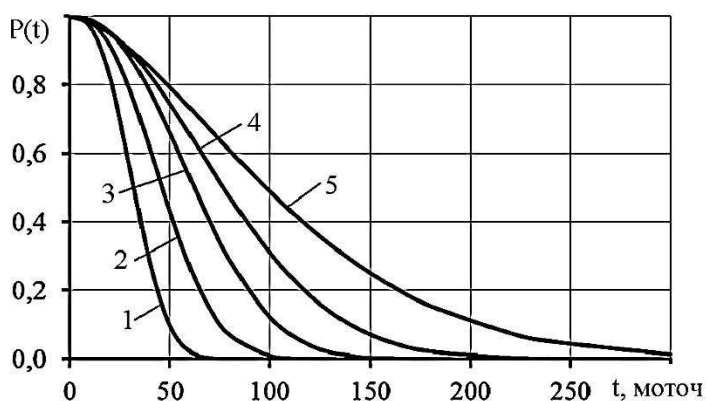


Рис. 1. Вероятность безотказной работы комбайнов при следующем усечении информации: 1 - 20%, 2 - 40%, 3 - 60%, 4 - 80% и 5 - 100%

С увеличением объёма выборки на 10% интенсивность отказов снижается на 12%, а средняя наработка на отказ возрастает на 16%. Далее была выполнена оценка погрешности полученных зависимостей (рис. 2).

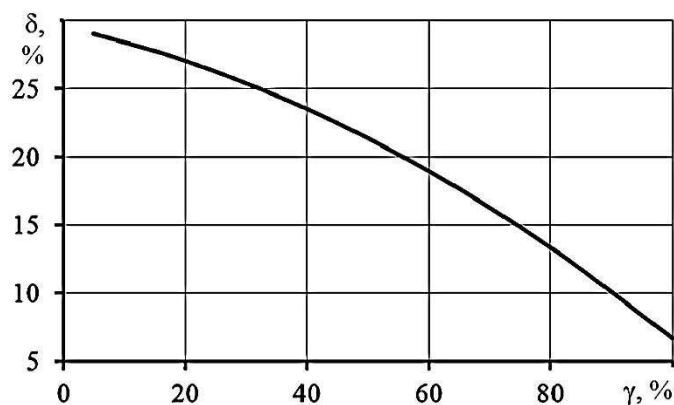


Рис. 2. Зависимость относительной ошибки аппроксимации функции $P(t)$ от объема исходной информации

Как следует из графика, приемлемая ошибка опытов достигается при использовании 80...100% исходных данных. Коэффициент парной корреляции параметров составил 0,97, что свидетельствует о высокой степени их взаимосвязи и достоверности установленной закономерности. При усечённых испытаниях среднее значение показателя прогнозируется на основе статистической информации с использованием гамма-функции. Точность определения средней наработки на отказ приведена на рис. 3.

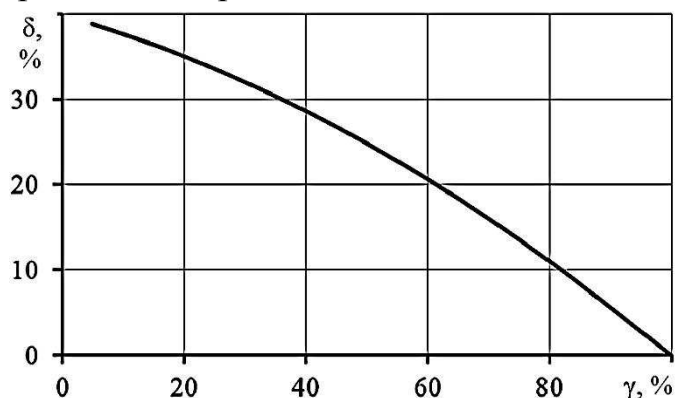


Рис. 3. Зависимость относительной ошибки оценки средней наработки на отказ от объема исходной информации

В данном случае отклонение от действительного значения ещё больше при значительном усечении испытаний, но допустимая погрешность также обеспечивается при $\gamma > 80\%$. Усечение информации в приведённом исследовании выполнялось по количеству отказов. Сопоставляя эти значения с длительностью наблюдения, получаем соответствующие временные уровни: 17%, 27%, 43% и 59%. Таким образом, для получения объективных оценок показателей надёжности технических устройств сокращение продолжительности испытания целесообразно не более чем на 40%.

Список литературы

1. Городецкий В.И. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / В.И. Городецкий, А.К. Дмитриев, В.М. Марков. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с.
2. Дорохов А.Н. Обеспечение надежности сложных технических систем / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова. – СПб.: Лань, 2017. – 352 с.

3. Северцев Н.А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке / Н.А. Северцев. – М.: Высшая школа, 1989. – 432 с.
4. Савин С.К. Достоверность контроля сложных радиоэлектронных систем летательных аппаратов / С.К. Савин, А.А. Никитин, В.И. Кравченко. – М.: Машиностроение, 1984. – 168с.
5. Королев А.Е. Показатели работы зерноуборочных комбайнов // Наука, техника и образование. – 2019. – №9. – С. 19-22.

Сведения об авторе:

Королев Александр Егорович – к.т.н., доцент кафедры технические системы в АПК, ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень.