

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИКИ НА НАДЁЖНОСТЬ



## ANALYSIS OF METHODS TESTS OF TECHNICS ON RELIABILITY

**Королев Александр Егорович**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры технических системы в АПК,  
Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья

**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 двигателями оценивается точность определения вероятности безотказной работы и средней наработки на отказ при различных программах исследования. Установлено, что для обеспечения допустимой ошибки расчёта контролируемых показателей целесообразно выполнение полных испытаний техники.

**Ключевые слова:** двигатель, планы испытания, эксплуатационные наблюдения, показатели надёжности, распределение и закономерности отказов, точность оценки.

**Korolev Alexander Egorovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor,  
Department Technical Systems  
in Agrarian and Industrial Complex,  
Northern Trans-Ural State Agricultural  
University

**Annotation.** 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 engines 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 expediently to performance complete tests of the technics.

**Keywords:** engine, test plans, exploitative observations, reliability indicators, distribution and patterns of refusals, evaluation accuracy.

Эксплуатационные испытания выполняются с целью определения показателей надёжности машин для планирования производственной деятельности, а также для оценки соответствия установленных значений нормативным требованиям [1]. Обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет получить достоверные сведения о режимах и условиях работы изделий, 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 применяют параметрические методы оценки, при которых сначала оценивают параметры закона распределения, а затем определяют показатель надёжности как функцию от оцененных параметров. Исходными данными для расчета объёма испытаний являются план испытаний, предельная относительная ошибка, доверительная вероятность, вид закона распределения случайной величины, коэффициент вариации, объём 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 39 тракторных дизелей Д-240 [5]. За период наблюдения выявлено суммарно 257 отказов. Показатели безотказности определялись по установленным методикам, а их закономерности регрессионным и корреляционным анализом. Используя полученные данные для решения поставленной задачи, анализируем 5 методов испытания техники:

1. План испытаний NUT – одновременно испытывают  $N$  объектов до наработки  $T$ , отказавшие элементы не заменяют.

2. План испытаний NRT – одновременно испытывают  $N$  объектов до наработки  $T$ , отказавшие элементы заменяют.

3. План испытаний NUr – одновременно испытывают  $N$  объектов до заданного числа отказов  $r$ , отказавшие элементы не заменяют.

4. План испытаний NRr – одновременно испытывают  $N$  объектов до заданного числа отказов  $r$ , отказавшие элементы заменяют.

5. План испытаний NUN – одновременно испытывают  $N$  объектов до ресурсного отказа, отказавшие объекты не заменяют.

Для двигателей Д-240 нормируется 2,5 отказа за 1000 моточасов, эти значения принимаем в качестве граничных условий планов испытаний. По составленной таким образом исходной информации установлены закономерности изменения безотказности объектов наблюдения (рис. 1).

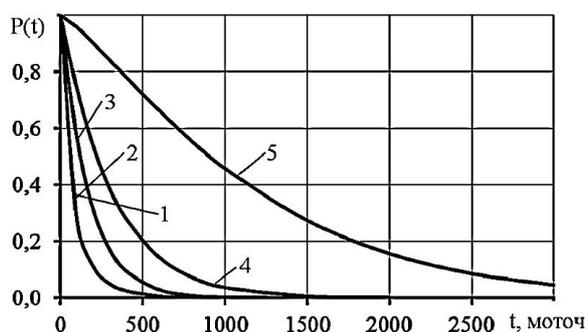


Рисунок 1 – Вероятность безотказной работы двигателей при планах испытаний: 1 – NUT, 2 – NUr, 3 – NRr, 4 – NRT и 5 – NUN

Зависимости имеют экспоненциальное распределение, поскольку значительная часть неисправностей (более 50%) проявляется в начальный период работы двигателей. Для планов NUT и NUr графики совпадают, так как первые отказы у всех двигателей происходят до 1000 моточасов. Далее была выполнена оценка погрешности полученных зависимостей (рис. 2).

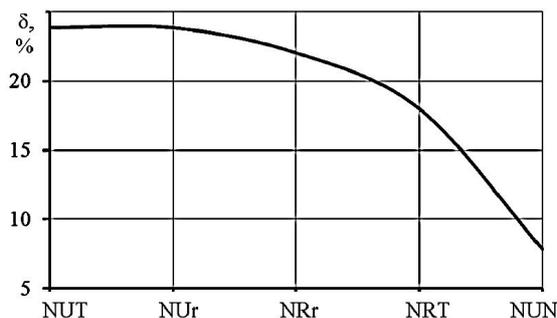
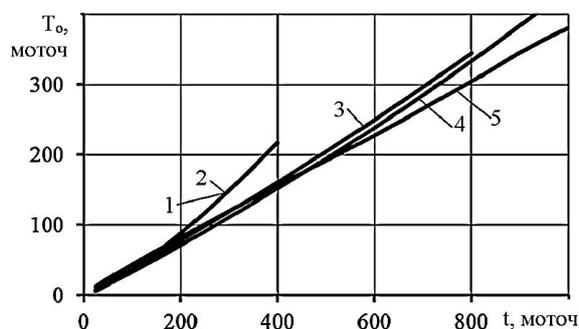


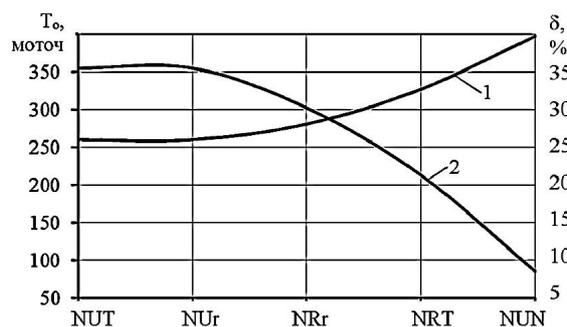
Рисунок 2 – Зависимость относительной ошибки аппроксимации функции  $P(t)$  от планов испытаний

Как следует из графика, предельная ошибка опытов достигается при плане NRT, а достаточно высокая при плане NUN. Одним из основных показателей безотказности является наработка на отказ, которая показывает продолжительность периодов работоспособности изделия. Динамика этого процесса за первую тысячу моточасов показана на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Изменение наработки на отказ двигателей при планах испытаний: 1 – NUT, 2 – NUr, 3 – NRr, 4 – NRT и 5 – NUN

Интенсивность отказов высокая с начала эксплуатации двигателей, а затем постепенно стабилизируется, что свидетельствует о значительной дефектности их ремонта. Нарботка на отказ также возрастает экспоненциально, а изменение его среднего значения и точности определения приведены на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Зависимость средней наработки на отказ и относительной ошибки её оценки от планов испытаний

При полных испытаниях показатель соответствует нормативу, а при других планах он ниже более чем на 20%, т.е. в этом случае может быть принято ошибочное решение о годности двигателей. Это связано с тем, что по планам NUT, NUr, NRr и NRT наработка на отказ рассчитывается за первую тысячу моточасов, а по последнему – за несколько и это является более объективной оценкой. В данном случае отклонение от действительного значения ещё больше при планах с сокращённым периодом наблюдения. Таким образом, для получения объективных оценок показателей надёжности технических устройств целесообразно проводить полные испытания, а также возможно применение плана NRT при ожидаемой ошибке до 20%.

### Литература

1. Городецкий В.И., Дмитриев А.К., Марков В.М. Элементы теории испытаний и контроля технических систем – Л. : Энергия, 1978. – 192 с.
2. Обеспечение надёжности сложных технических систем / А.Н. Дорохов [и др.] – СПб. : Лань, 2017. – 352 с.
3. Северцев Н.А. Надёжность сложных систем в эксплуатации и отработке – М. : Высшая школа, 1989. – 432 с.
4. Савин С.К., Никитин А.А., Кравченко В.И. Достоверность контроля сложных радиоэлектронных систем летательных аппаратов – М. : Машиностроение, 1984. – 168 с.
5. Королев А.Е. Формирование эксплуатационной безотказности двигателей // Colloquium-journal. – 2019. – Ч. 1. – № 2. – С. 30–32.

### References

1. Gorodetsky V.I., Dmitriev A.K., Markov V.M. Elements of the theory of testing and control of technical systems – L. : Energy, 1978. – 192 p.
2. Ensuring the reliability of complex technical systems / A.N. Dorokhov [et al.] – SPb. : Fallow-deer, 2017. – 352 p.
3. Severtsev N.A. Reliability of complex systems in operation and development – M. : Higher School, 1989. – 432 p.
4. Savin S.K., Nikitin A.A., Kravchenko V.I. Reliability of control of complex electronic systems of aircraft – M. : Engineering 1984. – 168 p.
5. Korolev A.E. Formation of operational reliability of engines // Colloquium-journal. – 2019. – Part 1. – № 2. – P. 30–32.