**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

Основы теории надежности и диагностики

**Задание**

По результатам испытаний изделий на надёжность по плану [N v z] получены следующие исходные данные для оценки показателей надежности:

- 5 выборочных значений наработки до отказа  (единица измерения: тыс. час): 4,5; 5,1; 6,3; 7,5; 9,7.

5 выборочных значений наработки до цензурирования  (т.е. 5 изделий остались в работоспособном состоянии к моменту окончания испытаний): 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0.

Определить:

точечную оценку средней наработки до отказа ;

точечную оценку вероятности безотказной работы  за наработку  тыс. час;

с доверительной вероятностью  нижние доверительные границы  и ;

построить в масштабе следующие графики:

функцию распределения ;

вероятность безотказной работы ;

верхнюю доверительную границу ;

нижнюю доверительную границу .

# **Введение**

Расчетная часть практической работы содержит оценку показателей надежности по заданным статистическим данным.

Оценка показателя надежности - это числовые значения показателей, определяемые по результатам наблюдений за объектами в условиях эксплуатации или специальных испытаний на надежность.

При определении показателей надежности возможны два варианта:

вид закона распределения наработки известен;

вид закона распределения наработки не известен.

В первом случае применяют параметрические методы оценки, при которых сначала оценивают параметры закона распределения, входящие в расчетную формулу показателя, а затем определяют показатель надежности, как функцию от оцененных параметров закона распределения.

Во втором случае применяются непараметрические методы, при которых показатели надежности оценивают непосредственно по опытным данным.

**1. Краткие теоретические сведения**

безотказный доверительный распределение точечный

Количественные показатели надежности подвижного состава можно определить по представительным статистическим данным об отказах, полученным в процессе эксплуатации или в результате специальных испытаний, поставленных с учетом особенностей работы конструкции, наличия или отсутствия ремонтов и других факторов.

Исходная совокупность объектов наблюдения носит название генеральной совокупности. По охвату совокупности различают 2 вида статистических наблюдений: сплошное и выборочное. Сплошное наблюдение, когда изучается каждый элемент совокупности, сопряжено со значительными затратами средств и времени, а иногда вообще физически неосуществимо. В таких случаях прибегают к выборочному наблюдению, в основе которого лежит выделение из генеральной совокупности некоторой её представительной части - выборочной совокупности, которую также называют выборкой. По результатам изучения признака в выборочной совокупности делают заключение о свойствах признака в генеральной совокупности.

Выборочный метод может использоваться в двух вариантах:

простой случайный отбор;

случайный отбор по типическим группам.

Деление выборочной совокупности на типические группы (например, по моделям полувагонов, по годам постройки и т.д.) дает выигрыш в точности при оценивании характеристик всей генеральной совокупности.

Как бы обстоятельно не было поставлено выборочное наблюдение, число объектов всегда конечно, а поэтому и объем опытных (статистических) данных всегда ограничено. При ограниченном объеме статистического материала можно получить лишь некоторые оценки показателей надежности. Несмотря на то, что истинные значения показателей надежности не случайны, их оценки всегда являются случайными (стохастическими), что связано со случайностью выборки объектов из генеральной совокупности.

При вычислении оценки обычно стремятся выбрать такой способ, чтобы она была состоятельной, несмещенной и эффективной. Состоятельной называется оценка, которая при увеличении числа объектов наблюдения сходится по вероятности к истинной величине показателя (усл. 1).

Несмещенной называется оценка, математическое ожидание которой равно истинной величине показателя надежности (усл. 2).

Эффективной называется оценка, дисперсия которой по сравнению с дисперсиями всех остальных оценок является наименьшей (усл. 3).

Если условия (2) и (3) выполняются только при N, стремящимся к нулю, то такие оценки называются соответственно асимптотически несмещенными и асимптотически эффективными.

Состоятельность, несмещенность и эффективность являются качественными характеристиками оценок. Условия (1) - (3) позволяют для конечного числа объектов N наблюдения записать лишь приближенное равенство

a~â(N)

Таким образом, оценка показателя надежности â(N), подсчитанная по выборочной совокупности объектов объема N применяется в качестве приближенного значения показателя надежности для всей генеральной совокупности. Такая оценка носит название точечной.

Учитывая вероятностный характер показателей надежности и значительный разброс статистических данных об отказах, при использовании точечных оценок показателей вместо истинных их значений важно знать, каковы пределы возможной ошибки, и какова ее вероятность, то есть важно определить точность и достоверность используемых оценок. Известно, что качество точечной оценки тем выше, чем на большем статистическом материале она получена. Между тем, точечная оценка сама по себе не несет никакой информации об объеме данных, на которых она получена. Этим определяется необходимость интервальных оценок показателей надежности.

Исходные данные для оценки показателей надежности обусловлены планом наблюдений. Исходными данными для плана {N V Z} являются:

выборочные значения наработки до отказа;

выборочные значения наработки машин, оставшихся работоспособными за время наблюдений.

Наработка машин (изделий), оставшихся работоспособными за время испытаний называется наработкой до цензурирования.

Цензурирование (отсечение) справа - это событие, приводящее к прекращению испытаний или эксплуатационных наблюдений объекта до наступления отказа (предельного состояния).

Причинами цензурирования являются:

разновременность начала и (или) окончания испытаний или эксплуатации изделий;

снятие с испытаний или эксплуатации некоторых изделий по организационным причинам или из-за отказов составных частей, надежность которых не исследуется;

перевод изделий из одного режима применения в другой в процессе испытаний или эксплуатации;

необходимость оценки надежности до наступления отказов всех исследуемых изделий.

Наработка до цензурирования - это наработка объекта от начала испытаний до наступления цензурирования. Выборка, элементами которой являются значения наработки до отказа и до цензурирования, называется цензурированной выборкой.

Однократно цензурированная выборка - это цензурированная выборка, в которой значения всех наработок до цензурирования равны между собой и не меньше наибольшей наработки до отказа. Если значения наработок до цензурирования в выборке не равны между собой, то такая выборка является многократно цензурированной.

# **2. Оценка показателей надёжности непараметрическим методом**

**1**. Наработки до отказа  и наработки до цензурирования  выстраиваем в общий вариационный ряд в порядке неубывания наработок (наработки до цензурирования помечены \*): 4,0\*; 4,5; 5,0\*; 5,1; 6,0\*; 6,3; 7,5; 8,0\*; 9,7; 10,0\*.

**2**. Вычисляем точечные оценки функции распределения  за наработку  по формуле:

; ,

где  - количество работоспособных изделий j-го отказа в вариационном ряду.

;



;

;

;

**3.** Вычисляем точечную оценку средней наработки до отказа  по формуле:

,

где ;

;

.

;



 тыс. час.

**4.** Точечную оценку безотказной работы  за наработку  тыс. час определяем по формуле:

,

где ;

.

;



**5.** Вычисляем точечные оценки  по формуле:

.



;

;

;

.

**.** По вычисленным значениям  и  строим графики функций распределения  наработки и функции надежности .

**7.** Нижнюю доверительную границу для средней наработки до отказа  вычисляем по формуле:

,

где  - квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности . Принимается по таблице в зависимости от доверительной вероятности .

По условию задания доверительная вероятность . Выбираем из таблицы соответствующее ей значение .



 тыс. час.

**8**. Значения верхней доверительной границы для функции распределения  вычислим по формуле:

,

где  - квантиль ХИ-квадрат распределения с числом степеней свободы . Принимается по таблице в зависимости от доверительной вероятности *q.*

.

Фигурные скобки в последней формуле означают взятие целой части числа, заключённого в эти скобки.

Для  ;

для  ;

для  ;

для  ;

для  .

;

;

;

;

.

**.** Значения нижней доверительной границы вероятности безотказной работы  определяем по формуле:

.

;

;

;

;

.

**.** Нижнюю доверительную границу вероятности безотказной работы  при заданной наработке  тыс. час определяем по формуле:

,

где ; .

.

Соответственно



**11.** По вычисленным значениям  и  строим графики функций верхней доверительной границы  и нижней доверительной границы  что и ранее построенные модели точечных оценок  и 

# **Вывод по проделанной работе**

При исследовании результатов испытаний изделий на надежность по плану [N v z] получены значения следующих показателей надежности:

- точечную оценку средней наработки до отказа  тыс. час;

точечную оценку вероятности безотказной работы  за наработку  тыс. час;

с доверительной вероятностью  нижние доверительные границы  тыс. час и ;

По найденным значениям функции распределения , вероятности безотказной работы , верхней доверительной границы  и нижней доверительной границы  построены графики.

На основе проведенных расчетов можно решать аналогичные задачи, с которыми инженеры сталкиваются на производстве (например, при эксплуатации вагонов на ж. д.).

# **Список литературы**

1. Четыркин Е.М., Калихман И.Л. Вероятьность и статистика. М.: Финансы и статистика, 2012. - 320 с.

2. Надежность технических систем: Справочник/ Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 2005. - 608 с.

. Надежность машиностроительной продукции. Практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению. М.: Изд-во стандартов, 2012. - 328 с.

. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальны данным. РД 50-690-89. Введ. С. 01.01.91 г. М.: Изд-во стандартов, 2009. - 134 с. Группа Т51.

. Болышев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. - 416 с.

. Киселёв С.Н., Савоськин А.Н., Устич П.А., Зайнетдинов Р.И., Бурчак Г.П. Надежность механических систем железнодорожного транспорта. Учебное пособие. М.: МИИТ, 2008-119 с.