

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Масалов Владимир Николаевич
Должность: ректор
Дата подписания: 16.07.2022 22:33:32
Уникальный программный ключ:
f31e6db16690784ab6b50c564da269716d3454fc

**МИНИСТЕРСТВО ТРУДА И СОЦИАЛЬНОГО ЗАЩИТЫ
ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И МАТЕМАТИКИ»**

Цыганок В.И.

**С извлечением информации о наличии и отсутствии
автомобильного транспорта: методические указания по применению
«Вашежизнь» и «Ремонт машины»**

**Для цитирования см. стандарты ИС 6.5.01. Методические указания
для преподавателей ИС 6.5.01**

Срел. 20.20

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные для выполнения работы.....	5
1.1 Назначение информации о надежности и предъявляемые к ней требования.....	5
1.2 Источники получения информации о надежности автотранспортных средств.....	6
2 Методика статистической обработки данных о надежности.....	7
2.1 Графическое представление эмпирического распределения.....	7
2.2 Определение основных статистических характеристик.....	9
2.3 Подбор теоретического распределения для описания эмпирических данных.....	11
2.4 Проверка правдоподобия гипотезы о принадлежности эмпирических данных закону распределения.....	13
3 Определение оценок показателей надежности и разработка мероприятий по их повышению.....	17
4 Руководство по работе с программой статистической обработки на ЭВМ	18
5 Общие требования к оформлению пояснительной записки.....	20
Список использованных источников.....	21
Приложение А Образец листка учета технического обслуживания и ремонта автомобиля.....	22
Приложение Б Образец лицевой карточки автомобиля	24
Приложение В Таблица В.1. Значения параметров закона распределения Вейбулла для расчетных значений асимметрии.....	25
Приложение Г Таблица Г.1. Значения вероятностей критерия Пирсона.....	27
Приложение Д Таблица Д.1. Значения вероятностей критерия Колмогорова.....	28

Введение

Теоретическое изучение дисциплины сопровождается выполнением расчетно-графического задания (РГЗ), что преследует следующие цели:

- закрепить и углубить теоретические знания, полученные при изучении основ теории надежности;
- обучить методике сбора, подготовки и статистической обработки информации о надежности автотранспортных средств в эксплуатации;
- научить определять основные показатели надежности и принимать управленческие решения по их повышению на различных стадиях жизненного цикла автотранспортных средств; что необходимо для квалифицированного использования, обслуживания, хранения и ремонта автотранспортной техники;
- привить навыки пользования технической и справочной литературой;
- подготовить студентов к выполнению соответствующих разделов дипломного проекта, а в дальнейшем – к самостоятельным исследованиям.

Настоящая работа безусловно не претендует на полноту и законченность изложения всех вопросов, имеющих отношение к сбору и обработке информации о надежности машин. Однако она призвана помочь овладеть обработкой информации для ее дальнейшего использования в практической деятельности.

Методические указания рассчитаны на преподавателей вузов и студентов, имеющих математическую подготовку в объеме обычного курса высших технических учебных заведений.

О замеченных недостатках в методических указаниях просьба сообщать на кафедру автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета. Автор с благодарностью примет и рассмотрит любые предложения.

1 Исходные данные для выполнения работы

Студенты дневной формы обучения самостоятельно собирают информацию о надежности транспортных средств на предприятиях области. Тематика заданий для них разрабатывается на кафедре автомобильного транспорта и учитывает современное состояние и перспективы развития автомобильного транспорта, а также нужды автотранспортных предприятий региона. Основным направлением в тематике является исследование надежности отдельных узлов и агрегатов автомобилей, прицепного состава или средств электрического городского транспорта. Тема может быть предложена и самим студентом в соответствии с возможностями сбора информации.

Задание в рассмотренном случае представляет собой наименование предприятия, марку автотранспортного средства с указанием агрегата или системы, информация о надежности которых необходима, а также период, за который она должна быть собрана.

Методика сбора информации на предприятиях описана в пункте 1.2 методических указаний.

1.1 Назначение информации о надежности и предъявляемые к ней требования

Этап сбора и подготовки данных, полученных в реальных условиях эксплуатации, – неотъемлемая часть любого статистического исследования. Он занимает довольно много времени и средств в общем объеме такого исследования.

Получение достоверных данных о надежности машин имеет большое практическое значение. Эти данные способствуют установлению соответствия машин предъявляемым к ним требованиям в отношении эксплуатационной надежности, позволяют выявить причины отказов и закономерности их появления. На их основе определяются элементы и сборочные единицы, требующие конструктивного и (или) технологического совершенствования, оценивается влияние этих изделий на надежность машины в целом. Другим важным результатом сбора и анализа данных об отказах и неисправностях является обратная связь между опытом эксплуатации машин и их проектированием, которая позволяет разрабатывать мероприятия, направленные на повышение качества выпускаемых моделей машин и создавать новые, более совершенные.

Не менее важное значение имеют данные о надежности для технической эксплуатации машин. На их основе разрабатываются и совершенствуются методы технической эксплуатации. Эти данные дают информацию о качестве материально-технического снабжения, обслуживания, ремонта и эксплуатации. На основе этой информации разрабатываются не только эффективные методы технического обслуживания и ремонта, но и

проводится оценка требуемой трудоемкости, а также расчет количества технологического оборудования.

Достоверность выводов о надежности зависит от качества собираемой информации, которая должна быть полной, своевременной, однородной и достоверной. Собираемая информация о надежности в общем случае должна содержать:

- данные об изделии – наименование, марку, предприятие-изготовитель, дату ввода в эксплуатацию и т.д.;
- данные об условиях эксплуатации и режимах работы изделия;
- систематические данные о наработке изделия до каждого отказа, дату возникновения отказа, наименование отказавшего элемента, вид отказа и его описание, способ восстановления работоспособности.

1.2 Источники получения информации о надежности автотранспортных средств

Информация об отказах и неисправностях транспортных средств может быть получена опросом механиков автотранспортных предприятий при помощи метода экспертных оценок. Экспертные оценки, отражающие опыт и знания специалистов относительно эксплуатируемых машин, несмотря на их субъективность, содержат полезную информацию. Однако в этом случае необходимо последующее уточнение информации по данным производственно-технической документации. К последней относятся первичные формы учета эксплуатационной информации о надежности, которые предназначены для записи несистематизированной информации и заполняются на месте выявления отказов и неисправностей. Ими могут служить: журналы дежурных механиков, журналы учета технического обслуживания и ремонта, листки учета технического обслуживания и ремонта автомобилей (см. приложение А), лицевые карточки автомобилей (см. приложение Б).

Собранная информация должна быть сведена в таблицу 1. Заголовок таблицы условный – в каждом конкретном случае указывается марка автотранспортного средства, изучаемые агрегат или система, а также границы контролируемого периода.

Таблица 1 – Информация об отказах коробки перемены передач автомобиля ЗИЛ-130 и его модификаций за 1997-1999 гг.

№ по порядку	Гос. номер авто-транспортного средства	Гаражный номер	Дата ввода в эксплуатацию (в том числе после кап. ремонта)	Пробег с начала эксплуатации на начало контролируемого периода	Дата обнаружения отказа или дата ремонта	Наработка на отказ (между отказами)	Наименование отказа
--------------	--	----------------	--	--	--	-------------------------------------	---------------------

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

2 Методика статистической обработки данных о надежности

В РГЗ предусмотрена статистическая обработка данных об отказах двумя способами: вручную и при помощи ЭВМ. В данном разделе описывается методика первого способа расчета, в разделе 4 приведено руководство по компьютерному расчету.

2.1 Графическое представление эмпирического распределения

В результате сбора информации о эксплуатационной надежности (или получения соответствующего варианта исходных данных) у студента оказывается некоторая выборка наработок на отказ L_n . Наиболее наглядным является ее графическое представление. Методика его построения следующая.

2.1.1 Формирование ранжированного (в порядке возрастания) ряда из n исходных данных: L_1, L_2, \dots, L_n .

2.1.2 Выявление наименьшего и наибольшего значений выборки:

$$L_{min}, L_{max}$$

2.1.3 Определение размаха варьирования выборки R

$$R = L_{max} - L_{min} \quad (1)$$

При объеме выборки $n > 50$ обработку эмпирических данных рекомендуется вести по значениям, сгруппированным в K непересекающихся интервалов.

2.1.4 Определение приближенного количества интервалов группирования K

$$K = 1 + 3,3 \lg n \quad (2)$$

Полученное значение округляется до целого числа в меньшую сторону.

2.1.5 Определение величины интервала группирования ΔL

$$\Delta L = R / K \quad (3)$$

2.1.6 Подсчет частот (частостей) попадания случайных величин в интервалы группирования

Вычисляются границы интервалов. Подсчитывается количество n_j данных, находящихся в каждом из интервалов, и вычисляются соответствующие частоты p_j

$$p_j = n_j/n, \quad j = 1, 2, \dots, K. \quad (4)$$

Необходимо следить, чтобы в каждый интервал попадало не менее пяти данных, в противном случае интервал объединяется с соседним интервалом таким образом, чтобы число наработок на отказ в объединенном интервале было не менее пяти.

Наиболее удобный способ подсчета показан в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для построения гистограммы

№ интервала, j	Границы интервалов (L_j, L_{j+1}) , км	Середина интервала, \bar{L}_j , км	Частота попадания в интервал, n_j	Частость попадания в интервал, $p_j = n_j/n$	Эмпирическая плотность распределения $f_3(L) = p_j/\Delta L$
1	2	3	4	5	6

2.1.7 Построение гистограммы и кривой распределения

Для графического изображения эмпирического распределения по верхним граничным точкам или серединам интервалов строится график – гистограмма, вид которого представлен на рисунке 1.

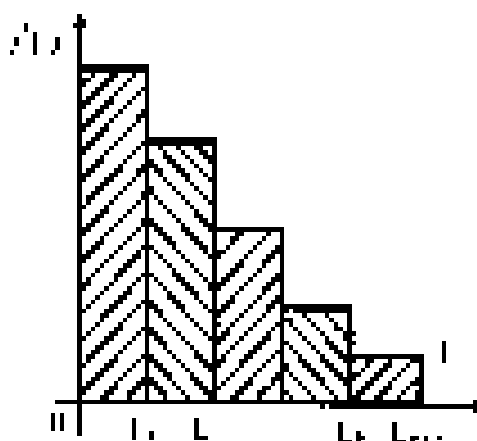


Рисунок 1 – Гистограмма

Для построения гистограммы по оси абсцисс откладываются в выбранном масштабе интервалы, и, взяв их как основания, строят прямоугольники, площадь которых равна частоте попадания случайной величины в интервал. Частость каждого интервала делится на его ширину. Полученное число берется как высота прямоугольника. Построенная таким образом ступенчатая функция $f_3(L)$ называется гистограммой выборки. Эта функция служит статистическим аналогом плотности распределения вероятности случайной величины и определяется как

$$f_3(L) = n_j / \text{ДЛ} \quad n = p_j / \text{ДЛ}. \quad (5)$$

2.2 Определение основных статистических характеристик

Числовыми характеристиками случайной величины называются характеристики наиболее существенных особенностей распределения - центра распределения, масштаба и формы кривой распределения, которые служат для описания и сравнения распределений. Наиболее часто используемыми в теории надежности являются математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, асимметрия и эксцесс.

2.2.1 Определение математического ожидания

Математическим ожиданием \bar{L} случайной величины называется постоянное число, около которого устойчиво колеблется среднее арифметическое значение случайной величины. При большой выборке среднее арифметическое значений случайной величины сходится по вероятности к ее математическому ожиданию, которое может быть вычислено по следующей формуле:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (6)$$

2.2.2 Определение дисперсии

Дисперсией D случайной величины называется математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2. \quad (7)$$

Дисперсия имеет размерность квадрата случайной величины, что не всегда удобно. Поэтому часто на практике используется характеристика, размерность которой совпадает с размерностью случайной величины – среднее квадратическое отклонение.

2.2.3 Определение среднего квадратического отклонения

Среднее квадратическое отклонение S равно квадратному корню из дисперсии, взятому с положительным знаком:

$$S = \sqrt{D}. \quad (8)$$

2.2.4 Определение коэффициента вариации

Коэффициент вариации V оценивает рассеивание в относительных единицах

$$V = \frac{S}{\bar{L}} \quad (9)$$

или в процентах, для чего значения, вычисленные по формуле, умножают на 100.

Дисперсия, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации показывают, насколько тесно сгруппированы возможные значения случайной величины около ее математического ожидания, то есть характеризуют степень рассеивания.

2.2.5 Определение асимметрии

Асимметрия ρ_b вычисляется по формуле

$$\rho_b = \frac{\sum_{j=1}^K n_j (L_j - \bar{L})^3}{nS^3}. \quad (10)$$

Если кривая распределения симметрична, то асимметрия равна нулю; если вытянутая часть кривой расположена слева от моды, то асимметрия отрицательна, а если справа - положительна. На рисунке 2 показаны два асимметричных распределения, из которых 1 имеет положительную, а 2 - отрицательную асимметрию.

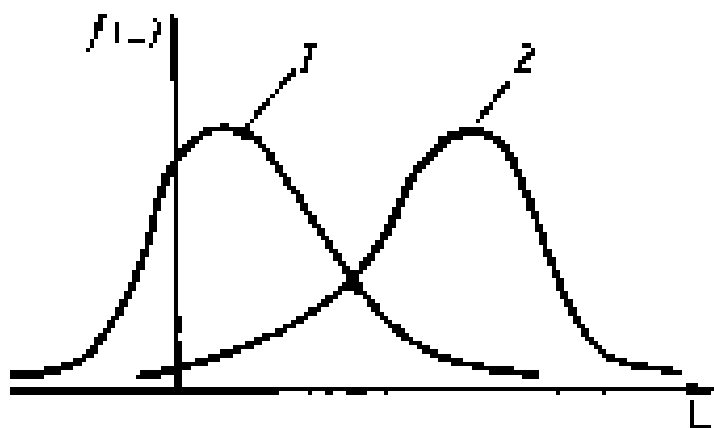


Рисунок 2 - Влияние асимметрии на положение кривой распределения

2.2.6 Определение эксцесса

Эксцесс E_k характеризует плосковершинность кривой распределения

$$E_k = \frac{\sum_{j=1}^K n_j (L_j - \bar{L})^4}{nS^4} - 3. \quad (11)$$

Влияние эксцесса на положение кривой распределения показано на рисунке 3. Для нормального распределения (кривая 1) эксцесс равен нулю. Если эксцесс отрицательный (кривая 2), распределение $f(L)$ по сравнению с нормальным имеет более низкую и "плоскую" вершину, а если эксцесс положительный (кривая 3), то - более высокую и "острую".

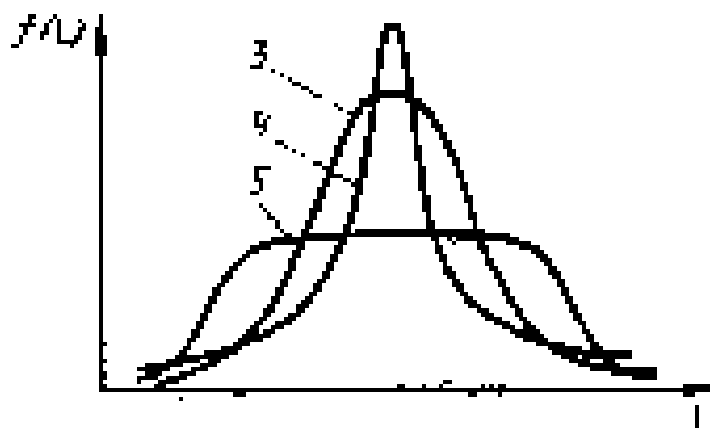


Рисунок 3 - Влияние эксцесса на положение кривой распределения

2.3 Подбор теоретического распределения для описания эмпирических данных

Случайная величина считается исчерпывающе описанной с вероятностной точки зрения, если известна ее математическая модель – закон распределения. Из множества разработанных законов распределения наибольшее распространение для исследования эксплуатационной надежности получили экспоненциальный (показательный), нормальный (закон Гаусса) и закон Вейбулла.

Решение задачи о наилучшем подборе теоретического распределения в общем случае является неопределенным, поэтому для принятия модели описания случайной величины часто учитывают внешний вид эмпирического распределения или анализируют числовые характеристики. Например, при коэффициенте вариации $V \leq 0,3 - 0,4$ принимается нормальное распределение.

В РГЗ принимается гипотеза о принадлежности эмпирического распределения закону Вейбулла. Это объясняется тем, что этот закон является универсальным, так как при определенных значениях параметров он может превращаться в экспоненциальное (при $b = 1$), нормальное (при $b \approx 3,3$) и другие распределения.

Распределение Вейбулла занимает центральное место при исследовании характеристик надежности машин. Этому распределению подчиняются

наработки до отказа многих восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, у которых отказ наступает по причине усталостного разрушения.

Непрерывная случайная величина L называется распределенной по закону Вейбулла, если ее плотность распределения имеет вид:

$$(12) \quad f(L, a, b, c) = \begin{cases} \frac{b}{c} \left[\frac{L-c}{a} \right]^{b-1} \exp \left[- \left[\frac{L-c}{a} \right]^b \right] & \text{при } L \geq c, \\ 0 & \text{при } L < c, \end{cases}$$

где a – параметр масштаба,
 b – параметр формы,
 c – параметр сдвига.

Интегральная функция распределения записывается в виде

$$F(L) = 1 - \exp \left[- \left[\frac{L-c}{a} \right]^b \right]. \quad (13)$$

Кривые плотностей и функции распределения приведены на рисунке 4.

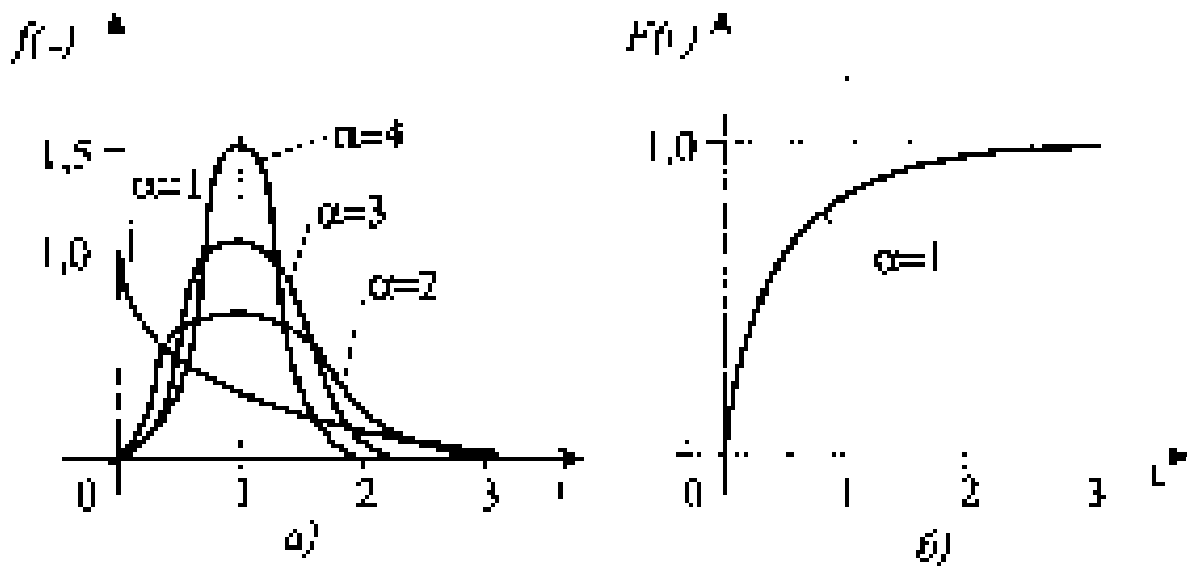


Рисунок 4 – Кривые плотностей (а) и функции (б) распределения Вейбулла

Определение оценок параметров a , b и c осуществляется методом моментов, сущность которого состоит в том, что параметры функции распределения могут быть выражены через начальные и центральные моменты. По эмпирическим данным вычисляются моменты, которые затем

приравниваются к теоретическим. В конечном счете решается система уравнений, связывающая параметры с моментами, и определяются оценки соответствующих параметров.

Определение оценок параметров распределения Вейбулла по совокупности статистических данных осуществляется в следующей последовательности.

По полученному значению асимметрии c_b из таблицы 1 приложения В находят оценку параметра формы \bar{b} и значения коэффициентов g_b и k_b . Значения находят методом линейной интерполяции табличных данных.

Определяют оценку параметра масштаба \bar{a} по формуле

$$\bar{a} = \bar{S} / g_b. \quad (14)$$

Находят значение \bar{c} по формуле

$$\bar{c} = \bar{L} - \bar{a}K_b. \quad (15)$$

В качестве оценки параметра c принимают одно из двух значений:

$$c = \begin{cases} \bar{c}, & \text{если } \bar{c} \leq L_{\min}, \\ L_{\min}, & \text{если } \bar{c} > L_{\min}, \end{cases} \quad (16)$$

где L_{\min} - наименьшее значение выборки эмпирических данных.

С использованием полученных значений параметров a , b и c строят график плотности распределения Вейбулла.

Дальнейшая задача состоит в проверке согласия между эмпирическим и теоретическим распределениями.

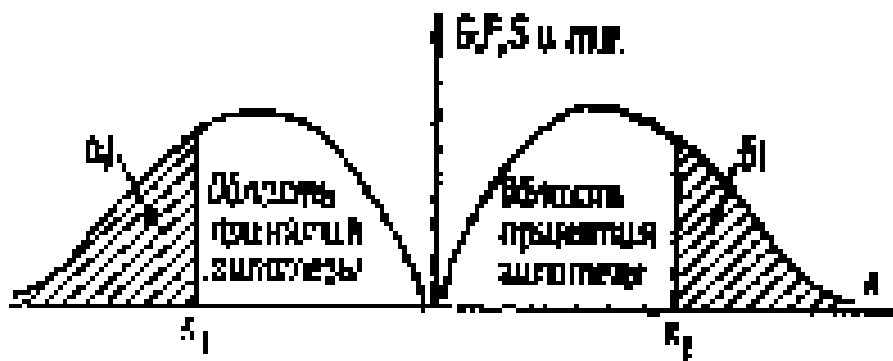
2.4 Проверка правдоподобия гипотезы о принадлежности эмпирических данных закону распределения

Разработано множество критериев для проверки гипотез. Некоторые из них справедливы лишь для определенных распределений, другие справедливы для широкого круга распределений. Наиболее универсальными считаются критерии Пирсона, Колмогорова, Романовского, Мизеса, Стьюдента и др., для которых при заданном уровне значимости β подсчитаны и составлены таблицы критических значений.

При этом область возможных значений каждого из критериев делят на две части (рисунок 5):

- область принятия гипотезы,

- область непринятия гипотезы (так называемая критическая область), которая для различных критериев может быть левосторонней или правосторонней.



K_1 и K_2 – критические точки (табличные значения критериев)

Рисунок 5 – Левосторонняя (а) и правосторонняя (б) критические области

Порядок проверки статистических гипотез можно сформулировать следующим образом: если опытное значение критерия $k_{опытн}$, вычисляемое при заданном уровне значимости \bar{b} попадает в область принятия гипотезы, то гипотеза принимается. Если же опытное значение критерия попадает в критическую область, то гипотезу отвергают.

Уровню значимости \bar{b} соответствует доверительная вероятность $P_0 = 1 - \bar{b}$. При решении задач надежности автотранспортных средств надежность P_0 принимается равной 0,95 и, следовательно уровень значимости принимается равным $\bar{b} = 0,05$ или 5%.

Рассмотрим наиболее широко распространенные критерии статистической оценки гипотез.

2.4.1 Проверка гипотезы по критерию Пирсона

Критерий Пирсона (критерий хи-квадрат) считается наиболее удобным и универсальным. Он может быть использован для проверки допущения о любом распределении, даже в том случае, если не известны значения параметров распределения. Главный недостаток критерия – его нечувствительность к обнаружению адекватного распределения в случае, когда выборка невелика.

Критерий записывается в виде следующего альтернативного условия, отвечающего левосторонней критической области:

$$P_{опытн}(x^2; k) = \begin{cases} \geq \bar{b} & \text{– гипотеза о принадлежности опытных данных к} \\ & \text{рассматриваемому закону не отвергается;} \\ < \bar{b} & \text{– гипотеза отвергается;} \end{cases}$$

где χ^2 вычисляется по формуле

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(n_j - n_j^*)^2}{n_j^*}, \quad (17)$$

где n_j - экспериментальные частоты попадания исходных данных в интервал,
 n_j^* - теоретические частоты по уравнению плотности распределения;
 k - число степеней свободы, равное $k = K - H$;
 K - число интервалов гистограммы;
 H - число наложенных связей, равное $H = \Pi + 1$,
 Π - число параметров закона распределения.

При рассмотрении нормального распределения, например, необходимо знать два параметра - математическое ожидание и дисперсию, то есть $\Pi = 2$. Отсюда

$$H = 2 + 1 = 3.$$

Ниже приведен порядок проверки согласия по критерию Пирсона.

Вычисляются значения χ^2 , что наиболее удобно сделать с помощью таблицы 3.

Таблица 3 – Поэтапное вычисление χ^2

№ интервала	Эмпири-ческая частота попадания в интервал n_j	Теорети-ческая плотность распределения $f(L)$	Вероятность попадания эмпирических данных в интервал P_j	Теорети-ческая частота попадания в интервал n_j^*	$(n_j - n_j^*)$	$(n_j - n_j^*)^2$	$(n_j - n_j^*)^2$
							n_j^*
1	2	3	4	5	6	7	8

Вероятность попадания эмпирических данных в j -й интервал определяется по формуле

$$P_j = f(L) \Delta L. \quad (18)$$

Теоретическая частота попадания в интервал определяется по формуле

$$n_j^* = n P_j. \quad (19)$$

По таблице 1 приложения Г определяется значение вероятности критерия Пирсона $P_{опытн}(\chi^2; k)$.

Задается доверительная вероятность P_δ или уровень значимости β .

Делается заключение о согласованности эмпирических данных с выбранным законом теоретического распределения.

2.4.2 Проверка гипотезы по критерию Романовского

Критерий Романовского записывается в виде следующего альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области

$$K_p = \frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}} = \begin{cases} \leq 3 & \text{— гипотеза о принадлежности опытных данных к} \\ & \text{рассматриваемому закону не отвергается;} \\ > 3 & \text{— гипотеза отвергается,} \end{cases}$$

где k – число степеней свободы.

О распределении можно судить не только по плотности вероятности, но и по функции распределения. Этот подход отражается в критерии Колмогорова.

2.4.3 Проверка гипотезы по критерию Колмогорова

Критерий Колмогорова записывается в виде следующего альтернативного условия, отвечающего левосторонней критической области

$$P\{\max[F_3(L) - F_T(L)]\sqrt{n}\} = \begin{cases} \geq P_\delta & \text{— гипотеза о принадлежности} \\ & \text{опытных данных к} \\ & \text{рассматриваемому закону} \\ & \text{не отвергается;} \\ < P_\delta & \text{— гипотеза отвергается;} \end{cases}$$

где $F_3(L)$ – эмпирическая функция распределения, определяемая по формуле

$$F_3(L) = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{n}, \quad (20)$$

$F_T(L)$ - теоретическая функция распределения,

n - объем выборки.

Наиболее удобный способ подсчета представлен в таблице 4.

Суть метода, предложенного А.Н. Колмогоровым, заключается в том, чтобы найти из всей совокупности данных максимальное отклонение между эмпирической и теоретической функциями распределений (рисунок 6).

Табличные значения вероятностей критерия Колмогорова приведены в приложении Д.

Таблица 4 – Данные для определения критерия Колмогорова

№ интервала	$F_э(L)$	$F_т(L)$	$F_э(L) - F_т(L)$
1	2	3	4

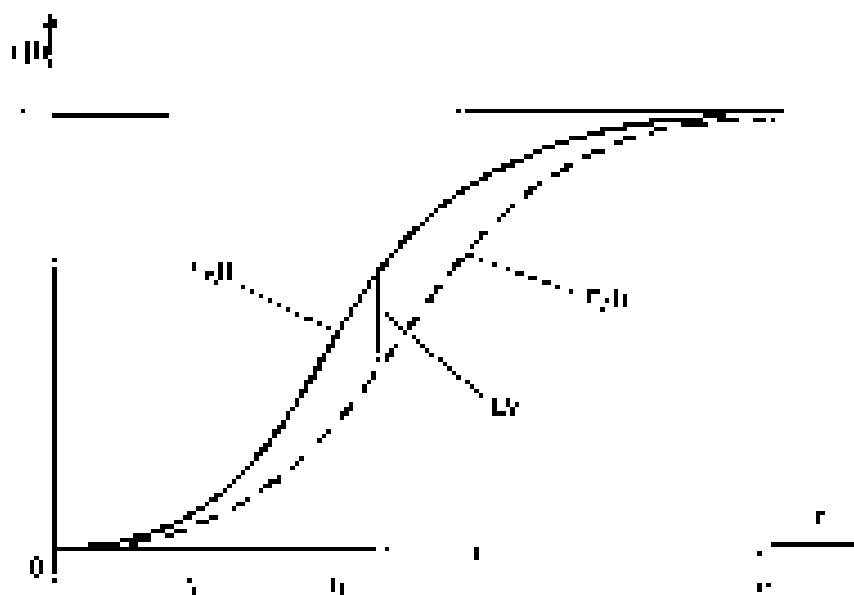


Рисунок 6 – Эмпирическая и теоретическая функции распределения

3 Определение оценок показателей надежности и разработка мероприятий по их повышению

Зная значения параметров эмпирического распределения можно вычислить оценки показателей надежности.

Оценка среднего ресурса \bar{T}_p или средней наработки на отказ и среднего квадратического отклонения \bar{S} вычисляется как математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение закона Вейбулла

$$\bar{T}_p = aK_b + \bar{c}, \quad (21)$$

$$\bar{S} = ag_b. \quad (22)$$

Оценка вероятности безотказной работы $\bar{P}(L)$ за заданную наработку L вычисляется как

$$\bar{P}(L) = \exp\left[-\left[\frac{L - \bar{c}}{\bar{a}}\right]^{\bar{b}}\right], \quad (23)$$

а оценка вероятности появления отказа $\bar{F}(L)$ как

$$\bar{F}(L) = 1 - \bar{P}(L). \quad (24)$$

Оценка интенсивности $\bar{\lambda}(L)$ отказов вычисляется по уравнению

$$(25) \quad \bar{\lambda}(L) = \frac{f(L)}{\bar{P}(L)} = \begin{cases} \frac{\bar{b}}{\bar{c}} \left[\frac{L - \bar{c}}{\bar{a}}\right]^{\bar{b}-1} & \text{при } L \geq \bar{c}, \\ 0 & \text{при } L < \bar{c}. \end{cases}$$

Оценки гамма-процентного ресурса $\bar{T}_\gamma(L)$ или гамма-процентного срока сохраняемости при заданном значении γ находятся из формулы

$$\frac{\gamma}{100} = \exp\left[-\left[\frac{\bar{T}_\gamma - \bar{c}}{\bar{a}}\right]^{\bar{b}}\right]. \quad (26)$$

На основе полученных оценок показателей надежности и их сравнения с известными из эксплуатации автотранспортных средств значениями студент должен сделать вывод о приемлемости надежности исследованного агрегата или системы. При недостаточной надежности последних он должен представить в отчете мероприятия, обеспечивающие повышение надежности на различных этапах жизненного цикла транспортного средства.

4 Руководство по работе с программой статистической обработки на ЭВМ

Исходный текст программы написан на алгоритмическом языке PASCAL. Загрузочный модуль PROFIL.EXE может быть использован на любых персональных компьютерах, совместимых с IBM.

При использовании принтера перед запуском программы для поддержки копии экрана в графическом режиме необходимо загрузить программу из системных утилит GRAPHICS.

После запуска программы PROFIL.EXE на экране дисплея появляется фирменный знак разработчиков программы и вопрос о необходимости вывода результатов расчета на печать. При положительном ответе выводимая информация будет дублироваться на принтере.

Далее появляется запрос: “Необходима ли инструкция?”. При положительном ответе на дисплее высвечивается окно с инструкцией по вводу данных с клавиатуры. В нижней строке окна выводится меню: “ESC” - выход, “PgDn” – следующая страница, “PgUp” – предыдущая страница. После ознакомления с инструкцией и выхода из нее на экране высвечивается главное меню:

- 1 Ввод данных
- 2 Просмотр и редактирование данных
- 3 Выполнение расчетов
- 4 Конец работы

Ввод данных может осуществляться с клавиатуры и из файла формата *L*. Порядок ввода данных с клавиатуры описан в инструкции.

Для контроля грамотности вводимой информации программой предусмотрена возможность просмотра и редактирования данных – пункт 2 главного меню. После высвечивания на экране информации, введенной в ОЗУ, в нижней строке экрана появляется сообщение: “Проверьте Ваши данные. Все ли верно?”. При положительном ответе машина войдет в главное меню, в противном случае появится сообщение: “Введите номер неправильного значения”. После ввода номера указанное число стирается, вместо него необходимо ввести новое и нажать “Ввод”. После редактирования информация готова к выполнению расчетов.

В результате расчета выводится следующая информация:

- число измерений n ,
- минимальное значение выборки MIN ,
- максимальное значение выборки MAX ,
- математическое ожидание \bar{L} ,
- среднее квадратическое отклонение S ,
- коэффициент вариации V ,
- асимметрия ρ_8 ,
- эксцесс E_K ,
- число интервалов группирования K ,
- параметр масштаба a ,
- параметр формы b ,
- параметр сдвига c .

В нижнем окне дисплея появится сообщение: “Нажмите любую клавишу”. После этого в графическом режиме осуществляется построение гистограммы эмпирического распределения, и ее сглаживание законом

Вейбулла (рисунок 7). Под графиком выводится таблица, в первой строке которой указываются середины интервалов группирования, во второй – значения экспериментальных частот, в третьей – значения теоретических частот, в четвертой - экспериментальная плотность и в пятой – теоретическая плотность вероятности попадания случайной величины в данный интервал.

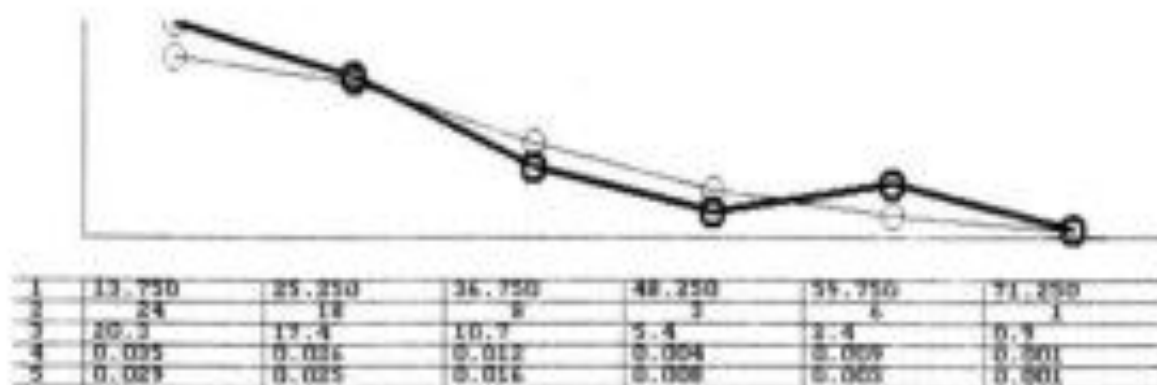


Рисунок 7 – Образец компьютерной распечатки графического представления эмпирических данных

После этого в нижней части экрана появляется сообщение: “Press any Key” (“Нажмите любую клавишу”). После выполнения этой операции производится проверка гипотезы о принадлежности опытных данных подобранному закону по критериям Пирсона, Романовского, Колмогорова и Мизеса. Заключение о согласованности эмпирических данных с выбранным законом теоретического распределения по различным критериям также могут быть выведены на печать.

При необходимости продолжить вычисления необходимо нажать клавишу ENTER и снова повторить расчет.

5 Общие требования к оформлению пояснительной записки

В пояснительной записке все действия и использование расчетных соотношений должны быть подробно объяснены и обоснованы.

Распечатка результатов расчетов и кривых распределений, полученных в результате компьютерной проверки, должны быть подшиты после результатов расчетов вручную.

В конце пояснительной записки приводится перечень использованной литературы согласно “ГОСТ 7.1-84 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления”.

Список использованных источников

- 1 **Большев Л.Н., Смирнов Н.В.** Таблицы математической статистики. - М.: Наука, 1965.- 464 с.
- 2 **Груничев А.С., Михайлов А.И., Шор Я.Б.** Таблицы для расчетов надежности при распределении Вейбулла.- М.: Изд-во стандартов, 1974.- 64с.
- 3 **Завадский Ю.В.** Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта: Учебное пособие.- М.: МАДИ, 1982.- 136 с.
- 4 **Керимов Ф.Ю.** Теоретические основы сбора и обработки информации о надежности машин: Учебное пособие. – М.: МАДИ, 1979.- 135 с.
- 5 **Керимов Ф.Ю.** Инженерный практикум по лабораторным работам курса “Теоретические основы сбора и обработки информации о надежности машин”. – М.: МАДИ, 1980.- 121 с.
- 6 **Лавренчик В.Н.** Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 272 с.
- 7 **Митропольский А.К.** Техника статистических вычислений. - М.: Наука, 1971.- 395 с.
- 8 **Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.** Краткий курс математической статистики для технических приложений .- М.: Физматгиз, 1959.- 436 с.
- 9 **Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И.** Таблицы для анализа и контроля надежности. – М.: Советское радио, 1968.- 288 с
- 10 **Шторм Р.** Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества.- М.: Мир, 1970.- 368 с.

Приложение А (справочное)

Образец листка учета технического обслуживания и ремонта автомобиля

ЛИСТОК УЧЕТА технического обслуживания и ремонта автомобиля

Гаражный № автомобиля (прицепа) _____ шофер _____ Дата и время выписки _____

Назначение и выполнение технического обслуживания

Т.О. Отметка о назнач	1 произ. уч-к		2 произ. уч-к		3 произ. уч-к		4 произ. уч-к		5 произ. уч-к		6 произ. уч-к	
	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица	Дата и вр. вып	Подпись или штамп отв. за работу лица
	Нач.	Окон.	Нач.	Окон.	Нач.	Окон.	Нач.	Окон.	Нач.	Окон.	Нач.	Окон.

Заявка на ремонт

Механик _____

а) лицевая сторона бланка

Выполнение текущего ремонта

Время выполнения ремонта	Наименов. агрегата	Краткая характерис- тика неисправ- ности и выполнен-но й работы	Причина неисправ- ности	Дата и время Выполне- ния		Фамилия исполни- теля	Подпись (штамп) от-ветственн ого за работу лица
				Нач	Оконч		
1	2	3	4	5	6	7	8
В период пребыв. автомобиля в наряде	Опоздание Простой на линии Прежде-вре менный возврат						
В меж-см енное время							
При цело-сме нном простое							

Диспетчер _____

б) оборотная сторона бланка

Приложение Б (справочное)

Образец лицевой карточки автомобиля

Лицевая карточка автомобиля

Марка автомобиля _____ тип _____ городской
 номер _____
 гаражный номер _____ фактический пробег с начала
 эксплуатации _____ на _____ 19 г.

Месяц		Дни месяца																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Январь	Ежедневный пробег																														
	Виды ТО и ремонта и причины простоя																														
Февраль	Ежедневный пробег																														
	Виды ТО и ремонта и причины простоя																														
Декабрь	Ежедневный пробег																														
	Виды ТО и ремонта и причины простоя																														

Приложение В
(обязательное)

Таблица В.1 - Значения параметров закона распределения Вейбулла
для расчетных значений асимметрии

b	K_b	g_b	ρ_b
0,20	120,0	1901	190,1
0,30	9,261	30,10	28,33
0,40	3,323	10,45	11,35
0,50	2,000	4,472	6,619
0,60	1,505	2,645	4,593
0,70	1,266	1,851	3,498
0,80	1,133	1,428	2,815
0,90	1,073	1,199	2,345
1,00	1,000	1,000	1,000
1,10	0,965	0,878	1,734
1,20	0,940	0,787	1,521
1,30	0,923	0,716	1,346
1,40	0,911	0,660	1,198
1,50	0,903	0,613	1,072
1,60	0,897	0,574	0,962
1,70	0,892	0,540	0,865
1,80	0,889	0,511	0,779
1,90	0,888	0,486	0,701
2,00	0,886	0,463	0,631
2,10	0,886	0,443	0,567
2,20	0,886	0,425	0,509
2,30	0,886	0,408	0,455
2,40	0,886	0,393	0,405
2,50	0,887	0,380	0,358
2,60	0,888	0,367	0,315
2,70	0,889	0,355	0,275
2,80	0,890	0,344	0,237
2,90	0,891	0,333	0,202
3,00	0,893	0,325	0,168
3,10	0,895	0,314	0,136
3,20	0,896	0,307	0,106
3,30	0,897	0,298	0,078
3,40	0,898	0,292	0,051
3,50	0,899	0,290	0,025
3,60	0,901	0,277	0,001

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	g_b	ρ_b
3,70	0,904	0,276	- 0,023
3,80	0,905	0,265	- 0,045
3,90	0,906	0,260	- 0,067
4,00	0,908	0,254	-0,087
4,10	0,909	0, 249	-0,107
4,20	0,910	0,244	- 0,126
4,30	0,911	0,239	- 0,144
4,40	0,913	0,244	- 0,161
4,50	0,914	0,230	- 0,178
4,60	0,915	0,225	- 0,195
4,70	0,916	0,221	- 0,210
4,80	0,916	0,217	- 0,225
4,90	0,917	0,214	- 0,240
5,00	0,918	0,210	- 0,254
5,10	0,919	0,207	- 0,267
5,20	0,920	0,203	- 0,268
5,30	0,921	0,199	- 0,281
5,40	0,922	0,197	- 0,294
5,50	0,923	0,194	- 0,306
5,60	0,924	0,190	- 0,318
5,70	0,925	0,187	- 0,330
5,80	0,926	0,184	- 0,341
5,90	0,927	0,181	- 0,352
6,00	0,923	0,180	- 0,363
6,10	0,928	0,177	- 0,373
6,20	0,929	0,175	- 0,333
6,30	0,930	0,173	- 0,395
6,40	0,931	0,170	- 0,403
6,50	0,932	0,168	- 0,421
6,60	0,932	0,165	- 0,430
6,70	0,933	0,163	- 0,439
6,80	0,934	0,161	- 0,447
6,90	0,935	0,159	- 0,455
7,00	0,935	0,157	- 0,463
7,50	0,939	0,147	- 0,500
8,00	0,942	0,140	- 0,534
8,50	0,945	0,131	- 0,564
9,00	0,947	0,126	- 0,591
9,50	0,949	0,120	- 0,615
10,00	0,951	0,114	- 0,638

**Приложение Г
(обязательное)**

Таблица Г.1 - Значения вероятностей критерия Пирсона

χ^2	Число степеней свободы $k = K - H$								
	2	3	4	5	6	7	8	10	12
1	0,606	0,801	0,909	0,962	0,935	0,994	0,998	0,999	0,999
2	0,367	0,572	0,735	0,849	0,919	0,959	0,981	0,996	0,999
3	0,223	0,391	0,557	0,700	0,808	0,885	0,934	0,931	0,995
4	0,135	0,261	0,406	0,549	0,676	0,779	0,857	0,947	0,983
5	0,082	0,171	0,287	0,415	0,543	0,660	0,757	0,891	0,958
6	0,049	0,111	0,199	0,306	0,423	0,539	0,647	0,815	0,916
7	0,030	0,071	0,135	0,220	0,320	0,428	0,536	0,725	0,857
8	0,018	0,046	0,091	0,156	0,238	0,332	0,433	0,629	0,758
9	0,011	0,029	0,061	0,109	0,173	0,252	0,342	0,532	0,702
10	0,006	0,018	0,040	0,075	0,124	0,188	0,265	0,440	0,616
11	0,004	0,011	0,026	0,051	0,088	0,138	0,201	0,357	0,528
12	0,002	0,007	0,017	0,034	0,062	0,100	0,151	0,285	0,445
13	0,001	0,004	0,011	0,023	0,043	0,072	0,111	0,223	0,369
14	-	0,002	0,007	0,014	0,029	0,051	0,081	0,173	0,300
15	-	0,001	0,004	0,010	0,020	0,036	0,059	0,132	0,241
16	-	0,001	0,003	0,006	0,013	0,025	0,042	0,099	0,191
17	-	-	0,001	0,004	0,009	0,017	0,030	0,074	0,149
18	-	-	0,001	0,002	0,006	0,012	0,021	0,055	0,115
19	-	-	-	0,001	0,004	0,008	0,014	0,040	0,088
20	-	-	-	0,001	0,002	0,005	0,010	0,029	0,067
21	-	-	-	-	0,001	0,003	0,007	0,021	0,050
22	-	-	-	-	0,001	0,002	0,004	0,015	0,037
23	-	-	-	-	-	0,001	0,002	0,004	0,015
24	-	-	-	-	-	0,001	0,002	0,007	0,020
25	-	-	-	-	-	-	0,001	0,005	0,015
26	-	-	-	-	-	-	0,001	0,003	0,010

Приложение Д
(обязательное)

Таблица Д.1 - Значения вероятностей критерия Колмогорова

$\lambda = \left\{ \max[F_3(L) - F_T(L)]\sqrt{n} \right\}$	P(λ)
0,0	1,0
0,1	1,0
0,2	1,0
0,3	1,0
0,4	0,977
0,5	0,964
0,6	0,864
0,7	0,711
0,8	0,544
0,9	0,393
1,0	0,270
1,1	0,178
1,2	0,112
1,3	0,068
1,4	0,040
1,5	0,022
1,6	0,012
1,7	0,006
1,8	0,003
1,9	0,002
2,0	0,001