

УДК **631.3:629.017**
 ББК **П072-02Я73-5**
 П60

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры САПР
И. А. Дьяков

П6 **О** **Определение показателей надежности сельскохозяйственной техники:** Лаб. работы / Сост. Н. Е. Портнов, Ю. Е. Глазков. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, **2002. 32 с.**

Дан порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине "Надежность и ремонт машин" для студентов **4, 5** курсов дневного и заочного отделений специальности **311300.**

УДК **631.3:629.017**
 ББК **П072-02Я73-5**

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2002

Министерство образования Российской Федерации

Тамбовский государственный технический университет

Лабораторные работы для студентов **4** и **5** курсов
дневного и заочного отделений
специальности **311300**

Тамбов • Издательство ТГТУ • **2002**

Учебное издание

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Лабораторные работы

Составители:

Портнов Николай Ефимович

Глазков Юрий Евгеньевич

Редактор В. Н. Митрофанова

Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

ЛР № **020851** от **13.01.99** г. Плр № **020079** от **28.04.97** г.

Подписано к печати **5.02.2002.**

Гарнитура **Times New Roman**. Формат **60 × 84/16**. Бумага газетная. Печать офсетная.

Объем: **1,86** усл. печ. л.; **1,79** уч.-изд. л.

Тираж **100** экз. С. **82.**

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, **106**, к. **14**

Лабораторная работа 1

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ НЕРЕМОНТИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: научить по статистическим данным, определять количественные показатели надежности для неремонтируемых изделий.

Задание

- 1 Проанализировать условия задания и составить по ним интегральный статистический ряд эмпирического распределения наработки T .
- 2 Построить гистограмму и полигон эмпирического распределения наработки T .
- 3 Подсчитать среднее арифметическое значение наработки $T_{\text{ср}}$, выборочное среднее квадратическое отклонение σ , коэффициент вариации V для заданной статистической выборки, подобрать теоретический закон распределения наработки до первого отказа.
- 4 Определить статистические оценки вероятности безотказной работы $P(n)$ и интенсивности отказов $\lambda(n)$ неремонтируемых изделий для i -х частичных интервалов наработки до первого отказа.
- 5 Построить графики изменения вероятности безотказной работы $P(n)$ и эмпирической интегральной функции $F_3(n)$ по данным испытаний неремонтируемых изделий.
- 6 Определить значение теоретической интегральной функции $F(n)$ для заданных частичных интервалов значений наработки T , построить график функции $F(n)$.
- 7 Проверить соответствие между выбранным теоретическим законом распределения и эмпирическим распределением наработки T по критерию λ (А. Н. Колмогорова).
- 8 Определить доверительные границы средней наработки неремонтируемых изделий до первого отказа при доверительной вероятности α .

Порядок выполнения работы

1 По условиям задания, прил. **1** (выданного преподавателем) требуется определить числовые значения безотказности неремонтируемых изделий по результатам испытаний (***N***) однотипных объектов.

Основным показателем надежности неремонтируемых изделий являются вероятность безотказной работы ***P(t)***, средняя наработка до первого отказа ***T₁***, интенсивность отказов ***λ(t)***.

Числовые значения показателей надежности определяются по результатам наблюдений за испытаниями ***N*** однотипных изделий в заданных условиях, фиксируя наработку отдельных изделий до первого отказа в часах работы под нагрузкой. Результаты испытаний представляют в виде интервального статистического ряда эмпирического распределения наработки ***T_i*** изделий до первого отказа (табл. **1**).

1 Интервальный статистический ряд эмпирического распределения наработки неремонтируемых изделий до первого отказа

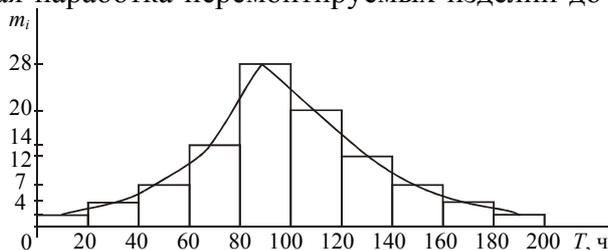
№ п/п	Определяемый параметр	Обозначение и формулы расчета	Номера интервалов наработки, мото · ч						
			1	2	3	4	5	6	
1	Границы интервалов, мото · ч, тыс. км, усл. эт. га								
2	Значение середины интервалов, мото · ч, тыс. км, усл. эт. га	<i>t_c</i>							
3	Число отказов в интервале (частоты)	<i>m_i</i>							
4	Относительная доля отказов в интервале (частоты)	$W_i = m_i / N$							

2 Используя данные табл. **1** построить графики наглядно характеризующие эмпирическое распределение случайной величины – гистограммы и полигона.

При построении гистограммы на горизонтальной оси графика следует отложить значения, соответствующие границам интервалов, а на вертикальной оси – частоты или частоты, также по отдельным интервалам, следует построить прямоугольники, основания которых лежат на горизонтальной оси координат и равны величине интервалов, а высоты равны частотам или частотам соответствующих интервалов. В результате получается ступенчатый многоугольник, или гистограмма. Если теперь соединить прямыми линиями середины верхних (горизонтальных) сторон прямоугольников гистограммы, то получится полигон распределения в виде ломаной линии. По гистограмме и полигону распределения необходимо дать заключение, в каком интервале значений наиболее вероятная наработка неремонтируемых изделий до первого отказа (рис. **1**).

28

Рис. 1
Гистограмма и полигон эмпирического распределения



наработки
до первого
отказа

3 Подсчитать числовые значения статистических характеристик распределения случайной величины, как среднее арифметическое значение T_{cp} , выборочное среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации V по следующим уравнениям с суммированием по интервалам:

$$T_{cp} = \sum T_{cp_i} \frac{m_i}{N}; \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum (T_{cp} - T_{cp_i})^2 \frac{m_i}{N}}; \quad (2)$$

$$V = \frac{\sigma}{T_{cp}}. \quad (3)$$

Теоретический закон распределения для выравнивания опытной информации ориентировочно выбирают по величине коэффициента вариации V : если $V < 0,30$, то используется закон нормального распределения; если $V > 0,50$ применяют закон распределения Вейбулла, если $V = 0,30 \dots \dots 0,50$ можно пользоваться законом нормального распределения или законом распределения Вейбулла. Выбранный по коэффициенту вариации закон распределения будет в дальнейшем проверяться с применением критерия согласия λ (Колмогорова А. Н.).

4 Определить статистические оценки вероятности безотказной работы $P(t_j)$ и интенсивности отказов $\lambda(t_j)$ неремонтируемых изделий для i -х интервалов по формулам (табл. 2).

Полученные результаты заносят в табл. 2, в которой: A – величина интервала. Знак \wedge – обозначает показатели надежности имеющие статистические эмпирические характеристики, подсчитанные по результатам наблюдения над конкретной партией изделий; без значка – вероятности подсчитанные из теоретических соображений; t_j – значение наработки в интервале.

5 Построить графики изменения опытной вероятности безотказной работы $P(t_j)$ и эмпирической интегральной функции: $F_3(t_j)$ – с использованием значений для интервалов из табл. 1 и 2. Между обоими показателями надежности существует взаимосвязь, обусловленная уравнением $P(t_i) = 1 - \frac{m_i}{N}$.

2 Определение статистических оценок $P(t_j)$ и $\lambda(t_j)$, $F_3(t_j)$

№ п/п	Определяемый параметр	Обозначения и формулы расчета	Номера интервалов наработки, мото · ч						
			1	2	3	4	5	6	
1	Границы интервалов наработки, мото · ч, тыс. км, усл. эт. га.								
2	Число отказов в интервале	m_i							
3	Число отказавших изделий к концу интервала	$r(t_i) = \sum_{i=1}^i m_i$							
4	Число работоспособных изделий к началу интервала	$N(t)_i = N - r(t_{i-1})$							

5	Статистическая оценка вероятности безотказной работы	$\hat{P}(t)_i = \frac{N - r(t_i)}{N}$						
6	Статистическая оценка интенсивности отказов	$\lambda(t)_i = \frac{m_i}{AN}$						
7	Эмпирическая интегральная функция распределения наработки до 1 -го отказа	$F_s(t)_i = \frac{r(t_i)}{N}$						

При построении графика $P(t_i)$ и функции $F_s(t_i)$ на горизонтальной оси следует отложить значения, соответствующие границам интервалов, а на вертикальной — частоты (W_i) или частоты (m_i).

6 Определить значения теоретической интегральной функции $F(t)$ для заданных частичных интервалов значений наработки T , построить график функции $F(t)$.

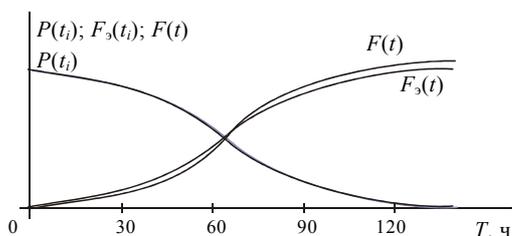


Рис. 2 Эмпирическая и теоретическая интегральные функции распределения наработки до 1-го отказа и вероятность безотказной работы по данным испытания на надежность

Значения теоретической интегральной функции $F(t_i)$ (рис. 2) для нормального распределения с известными параметрами T определяются по табличному интегралу $\Phi(t_i)$, который непосредственно показывает вероятность того события, что значение случайной величины находится в пределах от 0 до t . Значение функции $F(t_i)$ в конце i -го интервала принимается равным значению интеграла $\Phi(t_i)$ по табл. 9П.4. Значение случайной величины — X_i , интервала $\Phi(t_i)$ заносят в табл. 3.

3 Проверка соответствия эмпирического и теоретического распределений наработки неремонтируемых изделий до первого отказа по критерию согласия λ

№ п/п	Определяемый параметр	Обозначения и формулы расчета	Норма интервалов наработки, мото · ч					
			1	2	3	4	5	6

1	Границы интервалов наработки, мото · ч, тыс. км, усл. эт. га.							
2	Верхняя граница интервала, мото · ч, тыс. км, усл. эт. га.	$T_{в_i}$						
3	Значение случайной величины	$X_i = \frac{T_{в_i} - T_{ср}}{\sigma}$						
4	Значение теоретической интегральной функции наработки до первого отказа	$F(t_i) = \Phi(t_i)$						
5	Наибольшая абсолютная разность	$D = F_3(t_i) - F(t_i)$						
6	Расчетное значение критерия согласия D_{max}	$\lambda = D_{max} \sqrt{3N}$						
7	Значение критерия Колмогорова	$P(\lambda)$						

7 Проверить соответствие между выбранным теоретическим законом распределения и эмпирического распределения наработки T по критерию λ (А. Н. Колмогорова). В технических расчетах для различных уровней вероятностей приняты различные уровни значимости.

4 Уровень вероятности и значимости

Уровень вероятности α	0,80	0,90	0,95	0,99
Уровень значимости γ	0,20	0,10	0,05	0,009

Если по условиям задания уровень доверительной вероятности $\alpha = 90$, тогда уровень значимости $\gamma = 0,10$, это означает, что в **10** случаях из **100** возможность ошибки первого рода, связанной с риском отбросить правильную статистическую гипотезу.

Результаты проверки соответствия эмпирического и теоретического распределения наработки нераемонтируемых изделий до первого отказа по критерию λ в табл. **3**. Для полученного значения по табл. **8П4**. следует найти значение $P(\lambda)$. Если значение $P(\lambda) > \lambda$, то гипотеза о применимости закона нормального распределения к эмпирическому распределению наработки не-ремонтируемых изделий до первого отказа не отвергается. Тем самым можно говорить о соответствии теоретического и эмпирического распределений.

8 Определить доверительные границы средней наработки неремонтируемых изделий до первого отказа при доверительной вероятности α . По **[1]** нижняя $m_{ни}$ и верхняя $m_{ви}$ границы доверительного интервала для средней наработки T определяются по уравнениям:

$$m_{ни} = T_{cp} - \frac{t_{\gamma}(v)\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (4)$$

$$m_{ви} = T_{cp} + \frac{t_{\gamma}(v)\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (5)$$

где $t_{\gamma}(v)$ — квантиль распределения **t** (коэффициент Стьюдента) выбирается из табл. **4.П.4**; с $v = N - 1$ степенями свободы для статистической выборки для статистической выборки из **N** значений.

9 Дать заключение, о том, что среднее значение наработки неремонтируемых изделий до первого отказа с вероятностью α будут находиться в интервале от — до.

Литература: **[1, с. 7 – 19, с. 72 – 112]; [2, с. 5 – 23]**

Лабораторная работа **2**

Цель работы: ознакомиться с точным методом расчета (методом сумм) показателей безотказности.

Задание

1 Определить наработки между всеми смежными отказами и рассчитать методом сумм среднее значение показателя надежности T и среднее квадратическое отклонение σ .

2 Определить коэффициент вариации **V** и выбрать теоретический закон распределения и его параметры.

Общие сведения

Среднее значение \bar{t} является важной характеристикой показателя надежности. Зная среднее значение, планируют работу машины, составляют заявку на запасные части, определяют объем ремонтных работ.

При отсутствии статистического ряда (**$N < 25$**) среднее значение показателя надежности определяют по формуле

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum T_i, \quad (6)$$

где **N** — повторность информации (количество испытанных машин); **T_i** — значение **i** -го показателя надежности.

При наличии статистического ряда среднее значение показателя надежности \bar{t} определяют по формуле

$$\bar{T} = \sum T_{ic} P_i, \quad (7)$$

где **n** — количество интервалов в статистическом ряду; **T_{ic}** — значение середины **i** -го интервала, **P_i** — опытная вероятность **i** -го интервала.

Рассеивание — важная характеристика показателя надежности, позволяющая переходить от общей совокупности к показателям надежности отдельных машин.

Наиболее распространенной и удобной для расчетов характеристикой рассеивания служит среднее квадратическое отклонение: $\sigma = \sqrt{D}$. Дисперсия **D** и среднее квадратическое отклонение представляют собой абсолютные характеристики рассеивания показателя надежности.

При незначительном количестве информации (**$N < 25$**) среднее квадратическое отклонение определяют по уравнению

$$\sigma = \sqrt{(T_i - \bar{T})^2 / (N - 1)}. \quad (8)$$

При наличии статистического ряда информации (**$N > 25$**) среднее квадратическое отклонение определяют по формуле

$$\sigma = \sqrt{(T_i - \bar{T})^2 P_i} \quad (9)$$

При большем количестве информации ($N > 50$) для определения величин \bar{T} и σ рекомендуется упрощенный метод расчета, называемый методом сумм. Сущность этого метода описана ниже.

Порядок расчета

1 По условиям задания (выданного преподавателем) табл. **1П2** определить показатели безотказности тракторов по данным информации, приведенной в табл. **2П.2** (по материалам ОСТ "Надежность, сбор и обработка информации"). Данные занести в табл. **6**.

2 Проанализировать условия задания и определить наработки между всеми смежными отказами и рассчитать методом сумм \bar{T}_i и σ .

Например, для трактора № **1** табл. **2П.2** межотказные наработки будут равны: $T_0 = 50$ мото · ч; $T_0 = 158 - 50 = 108$ мото · ч, и т.д. Полученные результаты располагают в статистический ряд в порядке возрастания. Например: **50, 108, 222, 461, 175, 100, 75, 114** и т.д.

6 Информация об эксплуатационных отказах трактора ДТ-75

№ трактора	Наработка до конца наблюдения	Наработка до эксплуатационных отказов, мото · ч.	Число отказов

3 Определить количество интервалов статистического ряда по уравнению

$$n = \sqrt{N}, \quad (10)$$

где N — значение показателей надежности.

Полученный результат округляют в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Количество интервалов не должно выходить за пределы $n = 6 \dots 20$.

Все интервалы статистического ряда должны быть равны один другому по величине и не иметь разрывов.

4 Величину одного интервала A определяем по уравнению

$$A = (T_{\max} - T_{\min}) / n, \quad (11)$$

где T_{\max} и T_{\min} — соответственно наибольшее и наименьшее значение показателей в сводной таблице информации.

При определении величины интервала A , а также его положения в статистическом ряду округляют величины для того, чтобы получать значения, удобные для дальнейших расчетов.

При разбивке на интервалы (классы) границы первого интервала устанавливать с таким расчетом, чтобы наименьшее значение наработки до эксплуатационного отказа попала примерно в середину этого интервала. Поэтому нижняя граница первого интервала должна быть несколько меньше минимального значения показателя надежности по заданию.

5 Построить интервальный вариационный ряд по данным подсчета, по форме табл. **7**.

7 Интервальный вариационный ряд по данным подсчета

Границы интервалов, мото · ч/отказ	Средины интервалов T_{cp}	Частоты m_i	$K_1 =$	$K_2 =$
1	2	3	4	5
		$N =$	$L_1 =$	$L_2 =$

(m_j) . . . , . . . , m_r . . . ,

В четвертой колонке проставить суммы частот m_j , получаемые последовательным сложением их значений от начала третьей колонки до числа против тире в четвертой колонке и от конца третьей колонки до того же числа, не включая число, против которого в четвертой колонки стоит тире. Суммируя в четвертой колонке получаемые по обе стороны от тире числа, найти коэффициенты K_1 и L_1 .

В пятой колонке повторить такие же процессы суммирования из четвертой колонки (исключая суммы по обе стороны от тире в четвертой колонке) и соответственно определяют значение коэффициентов K_2 и L_2 .

6 Определить вспомогательные коэффициенты

$$M_1 = K_1 - L_1, \quad (12)$$

$$M_2 = K_1 + L_1 + 2K_2 + 2L_2. \quad (13)$$

7 Определить среднюю наработку на отказ

$$\bar{T}_0 = T_{cp} - A \frac{M_1}{N}. \quad (14)$$

где A – величина одного интервала; T_{cp} – значение середины то интервала, против которого стоит прочерк в четвертой колонке.

8 Определить среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = A \sqrt{\frac{M_2 - \frac{M_1^2}{N}}{N}}. \quad (15)$$

9 Определить коэффициент вариации V , выбрать ТЗР и определить его параметры.

Величина смещения начала рассеивания $T_{cm} = 0$; коэффициент вариации V находим по уравнению

$$V = \frac{\sigma}{\bar{T}_0 - t_{cm}}. \quad (16)$$

Теоретический закон распределения для выравнивания опытной информации ориентировочно выбирают по величине коэффициента вариации V : если $V < 0,30$ то используется закон нормального распределения, если $V > 0,50$ применяют закон распределения Вейбулла, если $V = 0,30 \dots 0,50$ можно пользоваться законом нормального распределения или законом распределения Вейбулла. Если принимается закон распределения Вейбулла, то дальнейший расчет происходит в следующем порядке:

а) Определить параметры b и a ТЗР Вейбулла:

$$b = \frac{1}{V^{1,06}}, \quad (17)$$

$$a = 1,11(\bar{T}_0 - t_{cm}). \quad (18)$$

б) Рассчитать доверительные границы рассеивания наработки на отказ T_0 трактора при доверительной вероятности по уравнениям:

– нижняя доверительная граница:

$$\bar{T}_0^H = \bar{T}_0 - \frac{t_\alpha \sigma}{\sqrt{N}}, \quad (19)$$

– верхняя доверительная граница:

$$\bar{T}_0^B = \bar{T}_0 + \frac{t_\alpha \sigma}{\sqrt{N}}, \quad (20)$$

где t_α – коэффициент Стьюдента, см. табл. 4П4.

в) Определить относительную ошибку переноса результатов обработки информации на будущий год

$$\delta = \frac{\bar{T}_0^B - \bar{T}_0}{\bar{T}_0 - t_{cm}}. \quad (21)$$

Литература: [1, с. 112 – 120]; [3, с. 132 – 148]; [4, с. 106 – 111].

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО РЕСУРСА СОПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАССОВОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цель работы: ознакомиться с методом композиции двух исходных распределений применяемого при расчете полного ресурса сопряжения.

Задание

1 Проанализировать условия задания, рассчитать скорости изнашивания, полные ресурсы сопряжения и составить сводную ведомость информации в порядке возрастания скорости изнашивания и ресурса.

2 Составить статистический ряд информации для N сопряжений и определить полный средний ресурс сопряжения, среднее квадратическое отклонение по методу сумм.

3 Проверить информацию на выпадающие точки.

4 Выбрать закон распределения по коэффициенту вариации и определить его параметры. Определить доверительные границы ресурса сопряжения при заданной доверительной вероятности и сделать вывод.

Общие сведения

Долговечность сопряжения машины определяется экономическими и техническими показателями. Экономическим показателем долговечности сопряжения служит средняя стоимость эксплуатации. К техническим показателям долговечности сопряжения относятся полный, фактический и остаточный ресурсы.

Полный ресурс сопряжения, как это показано в уравнении

$$T_{\text{прс}} = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\text{н}}^{\text{max}}}{V_{\text{сп}}} = \frac{I_{\text{пр}}}{V_{\text{сп}}} \quad (22)$$

зависит от величины предельного износа (зазора) и скорости изнашивания. Скорость изнашивания сопряжения определяют в условиях хозяйства статистическим методом, как частное от деления измеренного износа $I_{\text{изм}}$ на наработку до измерения $T_{\text{изм}}$.

Для расчета скорости изнашивания необходимо собрать информацию о наработке узлов, агрегатов, машин направленных для ремонта на данное предприятие. Таким образом, для определения скорости изнашивания сопряжения необходимо сочетать между собой две опытные информации: о величине износа сопряжения и о межремонтной наработке узлов, агрегатов требующих ремонта. Такое сочетание двух и более исходных информации называют композицией опытных распределений.

Как показали износные испытания, рассеивание ресурсов одноименных сопряжения трактора, автомобиля и сельскохозяйственных машин в большинстве случаев подчинено закону распределения Вейбулла с коэффициентом вариации $V = 0,33 \dots 0,40$ при доверительной вероятности в интервале $\alpha = 0,80 \dots 0,95$, с величиной допустимой относительной ошибки $10 \dots 20 \%$.

Методика обработки информации

1 Составить сводную ведомость информации в порядке возрастания скорости изнашивания и полного ресурса по форме табл. 8 и 9. Для этого необходимо результаты микрометража измерений сопряжения, данные из технических условий на дефектацию и расчетные формулы:

$$S_{\text{изм}} = D_{\text{изм}} - d_{\text{изм}}; \quad (23)$$

$$I_{\text{изм}} = S_{\text{изм}} - S_{\text{н}}^{\text{max}}; \quad (24)$$

$$V_{\text{ст}} = \frac{S_{\text{изм}} - S_{\text{н}}^{\text{max}}}{T_{\text{изм}}} = \frac{I_{\text{изм}}}{T_{\text{изм}}}; \quad (25)$$

$$T_{\text{прс}} = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\text{н}}^{\text{max}}}{V_{\text{сп}}}, \quad (26)$$

где $D_{\text{изм}}$, $d_{\text{изм}}$ – измеренные внутренний и наружный диаметры сопряжения; $S_{\text{изм}}$ – измеренный зазор сопряжения; $S_{\text{н}}^{\text{max}}$, $S_{\text{пр}}$ – начальный наибольший по чертежу и предельный зазоры (из технических условий на дефектацию табл. 1П4) сопряжения; $V_{\text{ср}}$, $T_{\text{прс}}$ – средняя скорость изнашивания (мм/мото · ч) и полный ресурс (мото · ч) сопряжения.

8 Информация микрометража измерений сопряжения поршневой палец - втулка шатуна

№ тракто ра	Наработ ка, мото · ч	1-й цилиндр		2-й цилиндр		3-й цилиндр		4-й цилинд р	
		D	d	D	d	D	d	D	d

9 Средняя скорость изнашивания сопряжений

№ сопря - жени я	Наработ ка, мото · ч	Размер ы деталей , мм		Зазоры, мм			Изно с, мм	Скорост ь изнаши вания, мм/мото · ч	Полный ресурс сопряже ния, мото · ч
		$D_{\text{из}}$	$d_{\text{из}}$	$S_{\text{из}}$	$S_{\text{н}}^{\text{max}}$	$S_{\text{пр}}$			

2 Составить статистический ряд информации для N сопряжении по форме табл. 3 для этого определить; количество интервалов по формуле

$$n = \sqrt{N} \quad (27)$$

и величину интервала

$$A = (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) / n, \quad (28)$$

где N – число наблюдаемых сопряжении (повторность информации); f_{max} , f_{min} – соответственно наибольшее и наименьшее значение показателей надежности (полного ресурса сопряжения) в табл. 10.

10 Статистический ряд информации о полном ресурсе N сопряжений

Границы интервалов, мото-ч.	Средины интервалов $T_{\text{ср}}$	Частоты m_j	$K_1 =$	$K_2 =$
1	2	3	4	5
		$\Sigma N =$	$L_1 =$	$L_2 =$

К полученным трем колонкам следует добавить еще две. В четвертой колонке ставится тире против наибольшего значения частоты m_j . В пятой колонке три тире, одно против тире в третьей колонке, два других сверху и снизу от него. В четвертой колонке проставляются суммы частот m_j , получаемых последовательным сложением их значений от начала третьей колонки до числа против которого стоит тире в четвертой колонке, и от конца третьей колонки до того же числа, не включая min и max . Суммируя в четвертой колонке полученные по обе стороны от тире числа, найти коэффициенты K_1 и L_1 .

В пятой колонке повторить такие же процессы суммирования чисел из четвертой колонки (исключая две наибольшие суммы по обе стороны от тире в третьей колонке) и соответственно определить значения коэффициентов K_2 и L_2 .

4 Определить вспомогательные коэффициенты

$$M_1 = K_1 - L_1; \quad (27)$$

$$M_2 = K_1 + L_1 + 2 K_2 + 2 L_2 . \quad (28)$$

5 Определяем средний ресурс сопряжения и среднее квадратическое отклонение:

$$T = t_c - \frac{AM_1}{N}; \quad (29)$$

$$\sigma = A \sqrt{\frac{M_2 - \frac{M_1^2}{N}}{N}}, \quad (30)$$

где A — величина одного интервала; t_c — значение середины того интервала, против которого стоит прочерк в третьей колонке; M_1 и M_2 — вспомогательные коэффициенты.

6 Проверить информацию на выпадающие точки.

В опытной информации о показателях надежности, полученных в процессе наблюдения за машинами, могут быть ошибочные точки, выпадающие из общего закона распределения. Точно проверить как крайние, так и любые другие смежные точки информации по критерию λ (критерий Ирвина).

а) Для первой и последней точки

$$\lambda_{\text{оп}} = \frac{1}{\sigma} (t_i - t_{i-1}), \quad (31)$$

где t_i и t_{i-1} — смежные точки информации (мото · ч).

б) По табл. 2П.4 для N найти коэффициент Ирвина λ .

Если $\lambda_{\text{оп}} < \lambda$, точки не выпадают.

7 Определить величину смещения, коэффициент вариации, выбрать закон распределения и определить его параметры:

$$t_{\text{см}} = t_{\text{ин}} - 0,5A, \quad (32)$$

$$V = \frac{\sigma}{(T - t_{\text{см}})}, \quad (33)$$

где $t_{\text{ин}}$ — значение начала первого интервала; A — величина одного интервала.

Как показали износные испытания, рассеивание ресурсов сопряжения сельскохозяйственных машин в большинстве случаев подчинено закону распределения Вейбулла, тогда по табл. 3П.4 определить его параметры: b , Cb , тогда $a = \sigma / Cb$, мото · ч.

8 Определить доверительные границы полного ресурса сопряжения при заданной доверительной вероятности γ по формулам:

$$T_{\text{пр}}^{\text{н}} = (\bar{T} - t_{\text{см}})^k \sqrt[k]{r_3} + t_{\text{см}}; \quad (34)$$

$$T_{\text{пр}}^{\text{н}} = (\bar{T} - t_{\text{см}})^k \sqrt[k]{r_1} + t_{\text{см}}. \quad (35)$$

где r_1 , r_3 — коэффициенты распределения Вейбулла, определяемые по табл. 4П.4, в зависимости от заданной величины доверительной вероятности и повторности информации.

9 Вывод по обработке информации.

Литература: [1, с. 144 – 149], [3, с. 182 – 191], [4, с. 120 – 128].

Литература

1 Ермолов Л. С. и др. Основы надежности сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1982. 271 с.

2 Гуревич И. Б., Сыркин П.Э. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей, М.: Транспорт, 1984. 141 с.

3 Селиванов А. И. и Артемьев Ю. Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1978. 248 с.

4 Артемьев Ю. Н. Качество ремонта и надежности машин в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1981. 239 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 1

Задание 1 Определить числовые значения показателей безотказности приводных клиновых ремней по результатам испытания **50** однотипных образцов (табл. **1П1, 2П1**).

1П1 - 1 (·)

Варианты индивидуального задания	Номера частичных интервалов					
	1	2	3	4	5	6
1	0–50	50–100	100–150	160–200	200–250	250–300
2	0–60	60–120	120–180	180–240	240–300	300–360
3	0–70	70–140	140–210	210–280	280–350	350–420
4	0–80	80–160	160–240	240–320	320–400	400–480
5	0–90	90–180	180–270	270–360	360–450	450–540
6	0–100	100–200	200–300	300–400	400–500	500–600
7	0–110	110–220	220–330	330–440	440–550	550–660
8	0–120	120–240	240–360	360–480	480–600	600–720
9	0–130	130–260	260–390	390–520	520–650	650–780
10	0–140	140–280	280–420	420–560	560–700	700–840

2П1 Значение частот отказов приводных ремней по k -м частичным интервалам наработки T_1

Варианты индивидуального задания	Номера частичных интервалов					
	1	2	3	4	5	6
1	2	4	16	20	6	3
2	3	5	15	21	4	2
3	3	5	15	20	5	2
4	2	4	21	18	5	2
5	3	4	16	20	5	2
6	2	5	16	21	4	2
7	3	4	16	20	4	3
8	2	5	14	21	6	2
9	2	5	17	20	4	2
10	2	4	17	20	5	2
11	2	5	15	20	5	3
12	2	4	14	22	5	3
13	2	4	15	21	5	3
14	3	5	15	20	4	3
15	3	4	16	19	5	3

16	2	4	16	21	5	2
17	2	5	20	17	4	2
18	3	5	21	15	4	2
19	2	4	22	14	5	3
20	3	5	20	16	4	2

Задание 2 Определить числовые значения показателей безотказности термостатов автомобильных двигателей по результатам испытания **100** об-разцов (табл. **3П1, 4П1**).

3П1 Интервалы значений наработки до первого отказа T_1 (тыс. км) термостатов автомобильных двигателей

№ варианта	Номера частичных интервалов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
2	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100–120	120–140	140–160	160–180	180–200
3	0–30	30–60	60–90	90–120	120–150	150–180	180–210	210–240	240–270	270–300
4	0–40	40–80	80–120	120–160	160–200	200–240	240–280	280–320	320–360	360–400
5	0–50	50–100	100–150	150–200	200–250	250–300	300–350	350–400	400–450	450–500
6	0–60	60–120	120–180	180–240	240–300	300–360	360–420	420–480	480–540	540–600
7	0–70	70–140	140–210	210–280	280–350	350–420	420–490	490–560	560–630	630–700

4П1 Значение частот m отказов термостатов автомобильных двигателей по k -м частичным интервалам наработки T_1

Варианты индивидуального задания	Номера частичных интервалов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	3	4	12	20	29	15	7	5	4
2	2	3	4	7	21	31	12	10	8	2
3	4	5	6	8	15	25	14	10	9	4
4	4	6	8	10	15	30	15	6	4	2
5	1	2	3	17	19	22	20	7	5	4
6	2	4	5	12	20	37	8	6	4	2
7	4	8	10	12	15	25	8	9	7	2
8	5	7	8	10	12	20	15	12	8	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	4	6	7	8	18	26	12	9	7	3
10	3	6	9	13	18	21	16	8	4	2
11	1	4	10	18	26	16	10	8	6	2
12	3	5	11	19	22	15	11	8	5	1

13	1	3	5	10	20	34	13	8	4	2
14	2	5	8	12	20	29	15	5	3	1
15	1	2	4	15	28	22	20	4	3	1
16	2	4	6	10	20	22	15	12	5	4
17	1	6	8	15	23	20	10	8	6	3
18	2	4	7	14	28	20	12	7	4	2
19	1	2	6	12	30	28	11	6	3	1
20	1	3	8	13	29	20	13	7	4	2

Приложение 2

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 2

Таблица 1П2

№ ва- рианта	Номера тракторов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	31	32	33	34	35	35	37	38	39	40

Продолжение табл. 1П2

№ ва- рианта	Номера тракторов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
6	1	2	11	12	21	22	31	32	41	42
7	3	4	13	14	23	24	33	34	43	44
8	5	6	15	16	25	26	35	36	45	46
9	7	8	17	18	27	28	37	38	47	48
10	9	10	19	20	29	30	39	40	49	50
11	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
12	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
13	2	4	6	8	10	41	43	45	47	49
14	12	14	16	18	20	22	24	26	26	30
15	33	34	36	38	40	42	44	46	48	50
16	1	3	12	14	21	23	32	34	41	43
17	5	7	16	18	25	27	36	38	45	47
18	2	9	11	20	22	29	31	40	42	49
19	4	6	13	15	24	26	33	35	44	46
20	8	10	17	19	28	30	37	39	48	50
21	2	11	21	31	41	51	52	53	55	56
22	13	14	15	22	25	37	39	40	42	43
23	24	31	34	35	45	51	52	53	55	56
24	25	32	36	39	42	46	47	50	54	56
25	15	26	29	37	38	44	45	48	50	51
26	17	27	28	30	36	41	42	43	49	50
27	17	25	27	28	29	39	43	50	53	54
28	18	20	23	26	27	33	40	45	49	50
29	18	19	20	21	24	31	39	47	49	51
30	19	21	22	24	33	38	44	49	51	56
31	4	11	15	17	18	33	47	53	55	56
32	12	13	16	27	30	49	52	53	56	56

33	8	11	18	19	21	42	45	47	54	55
34	13	20	23	25	26	44	47	51	53	50
35	15	17	22	27	28	35	46	48	50	51
36	24	29	30	33	34	48	49	50	52	53
37	26	28	31	38	41	46	49	50	52	53
38	26	29	30	31	33	45	48	49	51	52

Продолжение табл. 1П2

№ варианта	Номера тракторов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39	24	27	35	37	38	46	49	51	53	54
40	9	10	22	25	27	40	41	43	46	48
41	8	20	21	23	32	40	41	44	47	49
42	6	18	19	21	23	41	44	45	50	51
43	9	10	22	24	25	45	49	51	54	55
44	13	30	31	40	44	49	50	53	55	62
45	9	23	24	25	26	31	34	37	41	66
46	11	21	27	32	54	55	57	58	59	60
47	12	14	22	25	35	41	46	57	58	59
48	21	34	35	36	45	46	47	53	54	58
49	12	17	18	20	32	37	41	43	47	54
50	11	18	19	23	26	43	44	54	57	60

2П2 Информация об эксплуатационных отказах трактора ДТ-75М

№ варианта	Время наблюдения	Наработка до отказа, мото-ч	Число отказов
1	1350	50; 158; 484; 945; 1120; 1300	6
2	2025	75; 199; 784; 1001; 1295; 1578; 1984; 2024	8
3	2550	81; 240; 793; 1145; 1781; 1973; 2005; 2500	8
4	2898	87; 211; 715; 1600; 1903; 2115; 2344; 2898	8
5	3000	68; 415; 888; 1231; 1717; 1917; 2090; 2967	8
6	3500	123; 345; 1376; 2465; 3098; 3467	6
7	1609	56; 478; 856; 986; 1107; 1362; 1541	7
8	1460	80; 135; 240; 367; 680; 1420	6
9	2050	60; 280; 395; 470; 850; 1050; 2000	7
10	3990	130; 460; 1000; 1967; 2250; 3445; 3987	7
11	1150	155; 291; 340; 396; 900; 1145	6
12	3700	421; 925; 1080; 2143; 2968; 3000; 3637	7
13	1990	90; 180; 460; 853; 1761; 1987	6
14	2500	100; 280; 699; 985; 1442; 1961; 2341	7
15	3020	420; 930; 1213; 1916; 2005; 2774; 3015	7
16	3140	116; 511; 731; 925; 1450; 1928; 2723; 3113	8
17	3600	300; 830; 1430; 1933; 2247; 2968; 3220; 3561	8
18	1800	100; 190; 390; 750; 1180; 1340; 1800	7
19	2250	301; 610; 1700; 1900; 2100; 2250	6

Продолжение табл. 2П2

№ варианта	Время наблюдения	Наработка до отказа, мото-ч	Число отказов
20	2900	217; 520; 740; 970; 1180; 1250; 1410; 1680; 1795; 2250; 2740	11
21	3000	317; 341; 1215; 1675; 2150; 2890; 3000	7
22	3500	470; 750; 1410; 1710; 2600; 3100; 3150; 3300	8
23	1550	100; 157; 570; 740; 1010; 1500	6
24	2150	50; 250; 508; 803; 1207; 1840; 2150	7
25	2400	570; 940; 1270; 1790; 1870; 2000; 2400	7
26	2950	150; 450; 690; 830; 1340; 1680; 2560; 2900	8
27	3500	470; 750; 1410; 1710; 2600; 3100; 3150; 3300	8

28	1600	121; 165; 601; 756; 1111; 1545	6
29	1900	100; 200; 400; 800; 1200; 1400; 1800	7
30	3360	75; 276; 378; 745; 901; 1399; 1796; 2367; 3041; 3138; 3201; 3354	12
31	3250	70; 280; 400; 740; 910; 1400; 1800; 2370; 3050; 3140; 3200; 3250	12
32	2180	115; 315; 840; 1020; 1430; 1840; 2180	7
33	1240	35; 112; 187; 726; 1111; 1240	6
34	3120	500; 786; 1265; 1736; 1809; 2021; 2543; 2786; 3120	9
35	1600	32; 175; 287; 400; 625; 917; 1150; 1312; 1600	9
36	1950	130; 213; 476; 956; 1432; 1950	6
37	3500	712; 1323; 1687; 2198; 2767; 3500	6
38	2700	270; 433; 846; 1423; 2233; 2400	6
39	2950	180; 231; 654; 787; 1123; 1234; 1456; 1923; 2143; 2786; 2798; 3200	12
40	3460	231; 476; 934; 1245; 1798; 1890; 2145; 2789; 3224	9
41	2640	134; 634; 923; 1245; 1389; 1745; 1832; 2187	8
42	2830	213; 287; 390; 780; 965; 1223; 1587; 1987; 2321; 2687; 2830	11
43	1670	98; 163; 576; 789; 1045; 1500	6
44	1800	100; 209; 398; 657; 1090; 1234; 1800	7
45	2150	45; 243; 498; 786; 1199; 1856; 2150	7
46	2250	321; 587; 1678; 1876; 2099; 2245	6
47	2430	434; 976; 1256; 1765; 1900; 2098; 2400	7
48	2900	213; 543; 738; 980; 1187; 1232; 1423; 1675; 1899; 2345; 2876	11
49	2950	123; 432; 701; 899; 1342; 1654; 2542; 2921	8

Продолжение табл. 2П2

№ варианта	Время наблюдения	Наработка до отказа, мото·ч	Число отказов
50	3000	343; 398; 1232; 1675; 2134; 2854; 3000	7
51	3250	54; 289; 321; 765; 967; 1400; 1765; 2345; 3098; 3140; 3200; 3250	12
52	3500	476; 756; 1423; 1765; 2654; 3109; 3167; 3300	8
53	1340	45; 165; 490; 987; 1100; 1340	6
54	2500	76; 234; 765; 1098; 1234; 1546; 1987; 2500	8
55	3000	87; 243; 765; 1232; 1654; 1876; 2009; 2500; 2897	9
56	3500	45; 234; 755; 1564; 1867; 2143; 2345; 2898; 3132; 3500	10
57	3400	55; 432; 777; 1232; 1654; 1987; 2090; 2957; 3367	9
58	1400	65; 157; 546; 1000; 1222; 1400	6
59	3000	132; 543; 654; 988; 1234; 1787; 2543; 2987	8
60	1500	90; 123; 234; 456; 654; 1476	6
61	1650	40; 132; 256; 544; 754; 1500	6
62	2300	90; 124; 654; 890; 1600; 1780; 2250	6
63	2200	100; 470; 1234; 1600; 1780; 2000; 2170	7
64	2500	80; 234; 876; 1234; 1755; 1800; 2456	7
65	2400	123; 543; 387; 1554; 1975; 2400	6
66	3000	125; 600; 879; 1234; 1876; 2356; 1987	7
67	3100	80; 134; 1287; 1756; 2345; 2876; 2900; 3100	8
68	2900	98; 156; 456; 856; 1567; 2345; 2879	7

Приложение 3

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 3

Таблица 1П3

№ варианта	Номера тракторов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	9	10	11	12	13	14	15	16

3	17	18	19	20	21	22	23	24
4	1	2	25	26	27	28	29	30
5	1	8	10	14	15	19	20	21
6	2	4	5	7	9	11	14	16
7	5	11	13	22	23	24	25	28
8	6	10	11	13	14	20	21	27
9	3	5	10	14	16	17	23	25

Продолжение табл. 2П2

№ варианта	Номера тракторов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	2	14	21	23	25	27	28	30
11	6	7	14	19	20	22	25	29
12	5	8	15	19	21	23	28	30
13	3	12	16	20	22	23	25	27
14	4	11	17	21	23	24	28	30
15	2	10	18	22	25	26	27	29
16	1	7	17	21	23	24	26	30
17	4	9	16	23	25	26	28	29
18	5	8	13	20	21	23	25	27
19	2	12	15	23	24	25	25	30
20	5	13	14	24	25	27	28	29
21	5	7	13	21	22	25	27	30
22	2	6	15	19	20	24	26	29
23	5	8	16	18	19	21	23	29
24	4	9	18	20	21	23	25	30
25	2	10	17	18	19	21	24	30
26	6	7	10	17	19	22	25	29
27	5	8	9	11	15	21	27	30
28	4	9	11	14	18	21	25	27
29	3	10	14	16	23	27	29	30
30	2	12	13	21	22	23	24	25
31	1	11	13	14	17	18	19	20
32	3	6	7	8	12	17	26	28
33	4	7	9	11	21	22	23	24
34	5	6	8	10	12	14	16	18

2П3 Таблица микрометричных измерений сопряжения поршневой палец – втулка шатуна

№ варианта	Нараб. на отказ мото-ч	1-й цилиндр		2-й цилиндр		3-й цилиндр		4-й цилиндр	
		D втулки	d порш. пальца						
1	1800	42,12	41,94	42,11	41,94	42,10	41,94	42,12	41,93
2	2200	42,10	41,93	42,10	41,95	42,13	41,98	42,09	41,96
3	1540	42,08	41,97	42,10	41,96	42,05	41,97	42,09	41,95
4	3240	42,08	41,96	42,13	41,93	42,11	41,93	42,12	41,94
5	2120	42,03	41,97	42,07	41,97	42,08	41,96	42,06	41,97

Продолжение табл. 2П3

№ варианта	Нараб. на отказ мото-ч	1-й цилиндр		2-й цилиндр		3-й цилиндр		4-й цилиндр	
		D втулки	d порш. пальца						
6	1200	42,10	41,93	42,07	41,96	42,09	41,98	42,10	41,97
7	2830	42,10	41,96	42,10	41,94	42,10	41,97	42,09	41,96
8	1980	42,08	41,96	42,07	41,94	42,05	41,94	42,08	41,93
9	2100	42,10	41,95	42,09	41,94	42,08	41,95	42,10	41,95
10	1870	42,10	41,94	42,10	41,93	42,11	41,97	42,07	41,94
11	2550	42,06	41,96	42,11	41,94	42,06	41,95	42,06	41,93

12	2300	42,03	41,95	42,05	41,93	42,09	41,98	42,09	41,96
13	2360	42,07	41,94	42,11	41,95	42,08	41,94	42,11	41,95
14	2760	42,08	41,94	42,10	41,93	42,06	41,96	42,10	41,94
15	1570	42,10	41,95	42,10	41,95	42,07	41,97	42,10	41,96
16	1350	42,06	41,96	42,10	41,96	42,09	41,95	42,14	41,95
17	1270	42,03	41,94	42,04	41,94	42,08	41,94	42,12	41,93
18	2220	42,04	41,93	42,07	41,95	42,17	41,94	42,14	41,96
19	2459	42,05	41,97	42,09	41,95	42,15	41,97	42,08	41,95
20	2450	42,06	41,96	42,07	41,93	42,03	41,93	42,09	41,94
21	1680	42,07	41,97	42,08	41,97	42,05	41,96	42,09	41,97
22	1760	42,08	41,93	42,05	41,96	42,07	41,96	42,09	41,97
23	1980	42,09	41,96	42,11	41,94	42,11	41,98	42,10	41,96
24	2300	42,10	41,96	42,04	41,95	42,04	41,97	42,10	41,93
25	2590	42,11	41,95	42,06	41,93	42,06	41,94	42,11	41,94
26	2760	42,12	41,93	42,08	41,94	42,09	41,94	42,10	41,97
27	2560	42,10	41,97	42,07	41,96	42,11	41,93	42,10	41,93
28	2670	42,10	41,96	42,05	41,93	42,07	41,97	42,13	41,96
29	1900	42,05	41,95	42,10	41,95	42,07	41,95	42,07	41,98
30	2560	42,06	41,97	42,10	41,96	42,06	41,97	42,10	41,94

Приложение 4

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

1П4 Данные из технических условий на дефектацию двигателей

Сопрягаемые детали	Размеры детали, мм		Зазор в сопряжении, мм		
	начальный диаметр	допустимый диаметр	начальный S_n	допустимый $S_{др}$	предельный $S_{пр}$
Втулка Поршневой палец	42 ^{+0,038} _{+0,023}	42,09	от 0,022 до 0,047	0,10	0,25
	42 ^{+0,001} _{-0,009}	41,94			

2П4 Коэффициент Ирвина λ_r

Повторность информации	λ при $\alpha = 0,95$	λ при $\alpha = 0,99$	Повторность информации	λ при $\alpha = 0,95$	λ при $\alpha = 0,99$
2	2,8	3,7	30	1,2	1,7
3	2,2	2,9	50	1,1	1,6
10	1,5	2,0	100	1,0	1,5
20	1,3	1,8	400	0,9	1,3

3П4 Параметры и коэффициенты закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

b	Cb	V	b	Cb	V
0,800	1,428	1,261	1,560	0,589	0,655
0,820	1,367	1,227	1,580	0,581	0,647
0,840	1,311	1,196	1,600	0,574	0,640
0,860	1,261	1,167	1,620	0,567	0,633
0,880	1,214	1,139	1,640	0,560	0,626
0,900	1,171	1,113	1,660	0,553	0,619
0,920	1,132	1,088	1,680	0,546	0,612
0,940	1,095	1,064	1,700	0,540	0,605
0,960	1,061	1,042	1,720	0,534	0,599
0,980	1,029	1,020	1,740	0,528	0,593
0,000	1,000	1,000	1,760	0,522	0,587
1,040	0,947	0,962	1,780	0,517	0,581
1,080	0,900	0,927	1,800	0,511	0,575
1,120	0,858	0,894	1,820	0,506	0,569
1,160	0,821	0,865	1,840	0,501	0,564
1,200	0,787	0,837	1,860	0,496	0,558
1,240	0,757	0,811	1,880	0,491	0,553

1,280	0,729	0,787	1,900	0,486	0,547
1,320	0,704	0,765	1,920	0,481	0,542
1,360	0,681	0,744	1,940	0,476	0,537
1,400	0,660	0,724	1,960	0,472	0,532
1,420	0,650	0,714	1,980	0,468	0,527
1,440	0,640	0,705	2,000	0,463	0,523
1,460	0,631	0,696	2,020	0,459	0,518
1,480	0,622	0,687	2,040	0,455	0,513
1,500	0,613	0,679	2,060	0,451	0,509
1,520	0,605	0,671	2,080	0,447	0,505
1,540	0,597	0,663	2,100	0,443	0,500

Продолжение табл. 3П4

<i>b</i>	<i>Cb</i>	<i>V</i>	<i>b</i>	<i>Cb</i>	<i>V</i>
2,120	0,439	0,496	2,740	0,351	0,394
2,140	0,436	0,492	2,760	0,348	0,392
2,160	0,432	0,488	2,780	0,346	0,389
2,180	0,428	0,484	2,800	0,344	0,387
2,200	0,425	0,480	2,820	0,342	0,384
2,220	0,421	0,476	2,840	0,340	0,382
2,240	0,418	0,472	2,860	0,338	0,379
2,260	0,415	0,468	2,880	0,336	0,377
2,280	0,412	0,465	2,900	0,334	0,375
2,300	0,408	0,461	2,920	0,332	0,372
2,320	0,405	0,457	2,940	0,330	0,370
2,340	0,402	0,454	2,960	0,328	0,368
2,360	0,399	0,451	2,980	0,326	0,366
2,380	0,396	0,447	3,000	0,325	0,363
2,400	0,393	0,444	3,020	0,323	0,361
2,420	0,391	0,441	3,040	0,321	0,359
2,440	0,388	0,437	3,060	0,319	0,357
2,460	0,385	0,434	3,080	0,317	0,355
2,480	0,382	0,431	3,100	0,316	0,353
2,500	0,380	0,428	3,120	0,314	0,351
2,520	0,377	0,425	3,140	0,312	0,349
2,540	0,374	0,422	3,160	0,310	0,347
2,560	0,372	0,419	3,180	0,309	0,345
2,580	0,369	0,416	3,200	0,307	0,343
2,600	0,367	0,413	3,220	0,306	0,341
2,620	0,364	0,410	3,240	0,304	0,339
2,640	0,362	0,407	3,260	0,302	0,337
2,680	0,357	0,402	3,280	0,301	0,335
2,700	0,355	0,399	3,300	0,299	0,334
2,720	0,353	0,397	3,320	0,298	0,332
3,340	0,296	0,330	3,780	0,267	0,295
3,360	0,295	0,328	3,800	0,266	0,294
3,380	0,293	0,326	3,820	0,264	0,292
3,400	0,292	0,325	3,840	0,263	0,291
3,420	0,290	0,323	3,860	0,262	0,290
3,440	0,289	0,321	3,880	0,261	0,288

Продолжение табл. 3П4

<i>b</i>	<i>Cb</i>	<i>V</i>	<i>b</i>	<i>Cb</i>	<i>V</i>
3,460	0,287	0,320	3,900	0,260	0,287
3,480	0,286	0,318	3,920	0,259	0,286
3,500	0,285	0,316	3,940	0,258	0,284
3,520	0,283	0,315	3,960	0,256	0,283
3,540	0,282	0,313	3,980	0,255	0,282
3,560	0,281	0,312	4,000	0,254	0,280

3,580	0,279	0,310	4,020	0,253	0,279
3,600	0,278	0,308	4,040	0,252	0,278
3,620	0,277	0,307	4,060	0,251	0,277
3,640	0,275	0,305	4,080	0,250	0,276
3,660	0,274	0,304	4,100	0,246	0,274
3,680	0,273	0,302	4,120	0,248	0,273
3,700	0,272	0,301	4,140	0,247	0,272
3,720	0,270	0,299	4,160	0,246	0,291
3,740	0,269	0,298	4,180	0,245	0,270
3,760	0,268	0,297	4,200	0,244	0,268

4П4 Коэффициенты t_α , r_1 и r_3 для двухсторонних доверительных границ

№	$\alpha = 0,60$			$\alpha = 0,80$			$\alpha = 0,90$			$\alpha = 0,95$		
	t_α	r_1	r_3									
3	1,06	1,95	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,42
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,46
5	0,94	1,62	0,75	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,49
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,57	2,72	0,51
7	0,91	1,48	0,77	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	0,90	1,43	0,78	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,56
9	0,89	1,40	0,79	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	0,88	1,37	0,80	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	0,88	1,35	0,80	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	0,88	1,33	0,81	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	0,87	1,31	0,81	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,88	0,62
14	0,87	1,29	0,83	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63

Продолжение табл. 4П4

№	$\alpha = 0,60$			$\alpha = 0,80$			$\alpha = 0,90$			$\alpha = 0,95$		
	t_α	r_1	r_3									
15	0,87	1,28	0,83	1,35	1,46	0,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	0,86	1,24	0,85	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	0,86	1,21	0,86	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	0,85	1,18	0,87	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72
40	0,85	1,16	0,88	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	0,85	1,14	0,89	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	0,85	1,12	0,90	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	0,85	1,10	0,91	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	0,85	1,09	0,92	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

5П4 Количество машин или их элементов (повторность информации) № при односторонней доверительной вероятности

№	ЗНР			ЗРВ		
	$\alpha = 0,80$	$\alpha = 0,90$	$\alpha = 0,95$	$\alpha = 0,80$	$\alpha = 0,90$	$\alpha = 0,95$
4	0,49	0,82	1,17	1,74	2,29	2,93
6	0,38	0,60	0,82	1,54	1,90	2,29
8	0,32	0,50	0,67	1,43	1,72	2,01
10	0,28	0,44	0,58	1,37	1,61	1,82
12	0,25	0,39	0,52	1,33	1,53	1,73
14	0,23	0,36	0,47	1,29	1,48	1,65
16	0,22	0,33	0,44	1,27	1,43	1,59
18	0,20	0,31	0,41	1,25	1,40	1,55

20	0,19	0,30	0,39	1,23	1,37	1,51
22	0,18	0,28	0,37	1,22	1,35	1,48
24	0,17	0,27	0,35	1,21	1,33	1,45
26	0,17	0,26	0,33	1,20	1,32	1,43
28	0,16	0,25	0,32	1,19	1,30	1,41
30	0,16	0,24	0,31	1,18	1,29	1,39
40	0,13	0,20	0,26	1,16	1,24	1,32
50	0,12	0,18	0,24	1,14	1,21	1,28
60	0,11	0,16	0,22	1,12	1,19	1,25
70	0,10	0,15	0,20	1,11	1,17	1,23
80	0,10	0,14	0,19	1,10	1,16	1,21
90	0,10	0,14	0,18	1,10	1,15	1,20
100	0,09	0,13	0,17	1,09	1,14	1,19

6П4 Ордината Y при ЗНР, мм

ΣP_i	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	–	–	13,6	22,3	28,8	34,0	38,5	42,5	46,0	49,3
0,1	52,2	55,0	57,5	60,0	62,3	64,5	66,6	68,6	70,5	72,4
0,2	74,2	76,0	77,7	79,3	81,0	82,5	84,1	85,6	87,1	88,6
0,3	90,1	91,5	92,9	94,3	95,7	97,0	98,4	99,7	101,0	102,3
0,4	103,6	104,9	106,2	107,5	108,7	110,0	111,3	112,5	113,8	115,0
0,5	116,3	117,6	118,8	120,1	121,3	122,6	123,9	125,1	126,4	127,7
0,6	129,0	130,3	131,5	132,9	134,2	135,6	136,9	138,3	139,7	141,1
0,7	142,5	144,0	145,5	147,0	148,5	150,1	151,6	153,3	154,9	156,6
0,8	158,4	160,2	162,1	164,0	166,0	168,1	170,3	172,6	175,1	177,6
0,9	180,4	183,3	186,6	190,1	194,1	198,6	203,8	210,3	219,0	–

7П4 Ордината Y при ЗРВ, мм

ΣP_i	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	–	0,5	15,7	24,6	30,9	35,9	40,0	43,4	46,4	49,1
0,1	51,5	53,7	55,7	57,6	59,3	60,9	62,5	63,9	65,3	66,6
0,2	67,8	69,0	70,2	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,2	77,1
0,3	78,8	78,9	79,7	80,5	81,3	82,1	82,9	83,6	84,4	85,1
0,4	85,0	86,5	87,2	87,9	88,6	89,2	89,9	90,5	91,2	91,8
0,5	92,4	93,1	93,7	94,3	94,9	95,5	96,1	96,7	97,3	97,9
0,6	98,5	99,1	99,7	100,3	100,8	101,4	102,0	102,6	103,2	103,8
0,7	104,4	105,0	105,6	106,2	106,9	107,5	108,1	108,7	109,4	110,1
0,8	110,7	111,4	112,1	112,8	113,5	114,3	115,1	115,9	116,7	117,6
0,9	118,5	119,5	120,5	121,6	122,9	124,2	125,8	127,6	130,0	133,6

8П4 Значение $P(\lambda)$ критерия А. Н. Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,0	1,000	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,000	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,000	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,000	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,997	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,967	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

9П4 Значения нормальной функции распределения

x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$
–0,00	0,5000	–0,16	4364	–0,32	3745	–0,48	3156
–0,01	4960	–0,17	4325	–0,33	3707	–0,49	3121
–0,02	4920	–0,18	4286	–0,34	3669	–0,50	0,3085
–0,03	4880	–0,29	4247	–0,35	3632	–0,51	3050
–0,04	4840	–0,20	0,4207	–0,36	3594	–0,52	3015

-0,05	4801	-0,21	4168	-0,37	3557	-0,53	2981
-0,05	4761	-0,22	4129	-0,38	3520	-0,54	2946
-0,07	4721	-0,23	4090	-0,39	3483	-0,55	2912
-0,08	4681	-0,24	4052	-0,40	0,3446	-0,56	2877
-0,09	4641	-0,25	4013	-0,41	3409	-0,57	2843
-0,10	0,4602	-0,26	3974	-0,42	3372	-0,58	2810
-0,11	4562	-0,27	3936	-0,43	3336	-0,59	2776
-0,12	4522	-0,28	3897	-0,44	3300	-0,60	0,2743
-0,13	4483	-0,29	3859	-0,45	3264	-0,61	2709
-0,14	4443	-0,30	0,3821	-0,46	3228	-0,62	2676
-0,15	4404	-0,31	3783	-0,47	3192	-0,63	2643
-0,64	2611	-0,94	1736	-1,24	1075	-1,54	0618
-0,65	2578	-0,95	1711	-1,25	1056	-1,55	0606
-0,66	2546	-0,96	1685	-1,26	1038	-1,56	0594
-0,67	2514	-0,97	1660	-1,27	1020	-1,57	0582
-0,68	2483	-0,98	1635	-1,28	1003	-1,58	0571
-0,69	2451	-0,99	1611	-1,29	0985	-1,59	0559
-0,70	0,2420	-1,00	0,1587	-1,30	0,0968	-1,60	0,0548
-0,71	2389	-1,01	1563	-1,31	0951	-1,61	0537
-0,72	2358	-1,02	1539	-1,32	0934	-1,62	0526
-0,73	2327	-1,03	1515	-1,33	0918	-1,63	0516
-0,74	2297	-1,04	1492	-1,34	0901	-1,64	0505
-0,75	2266	-1,05	1469	-1,35	0885	-1,65	0495
-0,76	2236	-1,06	1446	-1,36	0869	-1,66	0485
-0,77	2206	-1,07	1423	-1,37	0853	-1,67	0475
-0,78	2177	-1,08	1401	-1,38	0838	-1,68	0465
-0,79	2148	-1,09	1379	-1,39	0823	-1,69	0455
-0,80	0,2119	-1,10	0,1357	-1,40	0,0808	-1,70	0,0446
-0,81	2090	-1,11	1335	-1,41	0793	-1,71	0436
-0,82	2061	-1,12	1314	-1,42	0778	-1,72	0427
-0,83	2033	-1,13	1292	-1,43	0764	-1,73	0418

Продолжение табл. 9П4

x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$
-0,84	2005	-1,14	1271	-1,44	0749	-1,74	0409
-0,85	1977	-1,15	1251	-1,45	0735	-1,75	0401
-0,86	1949	-1,16	1230	-1,46	0721	-1,76	0392
-0,87	1922	-1,17	1210	-1,47	0708	-1,77	0384
-0,88	1894	-1,18	1190	-1,48	0694	-1,78	0375
-0,89	1867	-1,19	1170	-1,49	0681	-1,79	0367
-0,90	0,1841	-1,20	0,1151	-1,50	0,0668	-1,80	0,0359
-0,91	1814	-1,21	1131	-1,51	0655	-1,81	0351
-0,92	1788	-1,22	1112	-1,52	0643	-1,82	0344
-0,93	1762	-1,23	1093	-1,53	0630	-1,83	0336
-1,84	0329	-3,40	0003	0,24	5948	0,54	7054
-1,85	0322	-3,50	0002	0,25	5987	0,55	7088
-1,86	0314	-3,60	0002	0,26	6026	0,56	7123
-1,87	0307	-3,70	0001	0,27	6064	0,57	7157
-1,88	0301	-3,80	0001	0,28	6103	0,58	7190
-1,89	0294	-3,90	0000	0,29	6141	0,59	7224
-1,90	0,0288	0,00	0,5000	0,30	0,6179	0,60	0,7257
-1,91	0281	0,01	5040	0,31	6217	0,61	7291
-1,82	0274	0,02	5080	0,32	6255	0,62	7324
-1,93	0268	0,03	5120	0,33	6293	0,63	7357
-1,94	0262	0,04	5160	0,34	6331	0,64	7389
-1,95	0256	0,05	5199	0,35	6368	0,65	7422
-1,96	0250	0,06	5239	0,36	6406	0,66	7454
-1,97	0244	0,07	5279	0,37	6443	0,67	7486
-1,98	0239	0,08	5319	0,38	6480	0,68	7517
-1,99	0233	0,09	5359	0,39	6517	0,69	7549
-2,00	0,0228	0,10	0,5398	0,40	0,6554	0,70	0,7580

-2,10	0179	0,11	5438	0,41	6591	0,71	7611
-2,20	0139	0,12	5478	0,42	6628	0,72	7642
-2,30	0107	0,13	5517	0,43	6664	0,73	7673
-2,40	0082	0,14	5557	0,44	6700	0,74	7703
-2,50	0062	0,15	5596	0,45	6736	0,75	7734
-2,60	0017	0,16	5636	0,46	6772	0,76	7764
-2,70	0035	0,17	5675	0,47	6808	0,77	7794
-2,80	0026	0,18	5714	0,48	6844	0,78	7823
-2,90	0019	0,29	5753	0,49	6879	0,79	7852
-3,00	0,0014	0,20	0,5793	0,50	0,6915	0,80	0,7881

Продолжение табл. 9П4

x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$	x	$\Phi(t)$
-3,10	0010	0,21	5832	0,51	6950	0,81	7910
-3,20	0007	0,22	5871	0,52	6985	0,82	7939
-3,30	0005	0,23	5910	0,53	7019	0,83	7967
0,84	7995	1,18	8810	1,52	9357	1,86	3586
0,85	8023	1,19	8830	1,53	9370	1,87	9693
0,86	8051	1,20	0,8849	1,54	9382	1,88	9699
0,87	8078	1,21	8869	1,55	9394	1,89	9706
0,88	8106	1,22	8888	1,55	9406	1,90	0,9713
0,89	8133	1,23	8907	1,57	9418	1,91	9719
0,90	0,8159	1,24	8925	1,58	9429	1,92	9726
0,91	8186	1,25	8944	1,59	9441	1,33	3732
0,92	8212	1,26	8962	1,60	0,9452	1,94	9738
0,93	8238	1,27	8980	1,61	9463	1,95	3744
0,94	8264	1,28	8987	1,62	9474	1,96	9750
0,95	8289	1,29	9015	1,63	9484	1,97	9756
0,96	8315	1,30	0,9032	1,64	9495	1,98	9761
0,97	8340	1,31	9049	1,65	9505	1,99	9767
0,98	8365	1,32	9066	1,66	9515	2,00	0,9772
0,99	8389	1,33	9082	1,67	9525	2,10	9821
1,00	0,8413	1,34	9099	1,68	9535	2,20	9861
1,01	8437	1,35	9115	1,69	9545	2,30	9893
1,02	8461	1,36	9131	1,70	0,9554	2,40	9918
1,03	8485	1,37	9147	1,71	9564	2,50	9938
1,04	8508	1,38	9162	1,72	9573	2,60	9953
1,05	8531	1,39	9177	1,73	9582	2,70	9965
1,06	8554	1,40	0,9192	1,74	9591	2,80	9974
1,07	8577	1,41	9207	1,75	9599	2,90	9981
1,08	8599	1,42	9222	1,76	9608	3,00	0,9986
1,09	8621	1,43	9236	1,77	9616	3,10	9990
1,10	8643	1,44	9251	1,78	9625	3,20	9993
1,11	8665	1,45	9265	1,79	9633	3,30	9995
1,12	8686	1,46	9279	1,80	0,9641	3,40	9997
1,13	8708	1,47	9292	1,81	9649	3,50	9998
1,14	8729	1,48	9306	1,82	9656	3,60	9998
1,15	8749	1,43	9313	1,83	9654	3,70	9999
1,16	8770	1,50	0,9332	1,84	9671	3,80	9999
1,17	8790	1,51	9345	1,85	9678	3,90	1,0000