

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)



И.М. Соцкая, Д.В. Филинов, М.А. Вашурина

Методические указания

к выполнению контрольных работ по дисциплинам
«Надежность технических систем» и «Надежность и ремонт машин»
для студентов заочной формы обучения направления подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»
(профили «Технический сервис в АПК»,
«Машины и оборудование в агробизнесе»)

Ярославль
2015

Содержание

1	Методические указания по выполнению контрольной работы	4
1.1	Содержание контрольной работы	4
1.2	Последовательность решения задачи	4
2	Правила оформления контрольной работы	23
3	Порядок изучения дисциплины	24
4	Самостоятельная работа по изучению дисциплины	26
5	Контрольные вопросы по теоретическому курсу	27
5.1	Дисциплины «Надежность и ремонт машин», «Надежность технических систем»	27
5.2	Дисциплина «Надежность и ремонт машин»	32
	Список использованных источников	38
	Приложение А – Справочные данные	39
	Приложение Б – Образец оформления титульного листа	48
	Приложение В – Индивидуальные задания для выполнения задачи	50

1 Методические указания по выполнению контрольной работы

1.1 Содержание контрольной работы

Контрольная работа состоит из:

а) ответов на теоретические вопросы

Для подготовки ответа на теоретический вопрос студенту необходимо прочитать соответствующий материал в литературных источниках. Четко уяснить смысл поставленного вопроса. Ответ должен быть конкретным и вместе с этим полностью раскрывать существо вопроса. Ответ на вопрос должен быть пояснен примерами и иллюстрирован схемами.

б) решения задачи

Выполнить обработку первичной информации по индивидуальному заданию.

1.2 Последовательность решения задачи

При решении задачи необходимо:

- составить сводную таблицу исходной информации в порядке возрастания показателей надежности (вариационный ряд);

- составить статистический ряд;

(с) определить среднее значение (\bar{t}) и среднее квадратическое отклонение показателя надежности;

- проверить информацию на выпадающие точки;

- графически изобразить опытную информацию (построить гистограмму, полигон и кривую накопленных опытных вероятностей показателя надежности);

- определить коэффициент вариации (v), характеризующий относительное рассеивание показателя надежности;

- выбрать теоретический закон распределения, определить его параметры и графически построить дифференциальную и интегральную кривые;

- оценить совпадения опытного и теоретического распределений по критериям согласия;

- определить доверительные границы одиночных и средних значений показателя надежности и наибольшие возможные ошибки расчета.

1.2.1 Составление сводной таблицы исходной информации

Сводная таблица информации составляется в порядке возрастания показателя надежности.

Сводная таблица по размерам толщин шлиц первичного вала коробки перемены передач трактора МТЗ-82 представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Размеры толщины шлиц первичного вала коробки перемены передач трактора МТЗ-82

№ п/п	Размер, мм	№ п/п	Размер, мм	№ п/п	Размер, мм
1	6,01	11	6,41	21	6,64
2	6,09	12	6,45	22	6,67
3	6,16	13	6,46	23	6,69
4	6,22	14	6,47	24	6,71
5	6,24	15	6,54	25	6,73
6	6,27	16	6,56	26	6,75
7	6,28	17	6,58	27	6,79
8	6,32	18	6,60	28	6,81
9	6,36	19	6,61	29	6,84
10	6,39	20	6,63	30	6,96

1.2.2 Статический ряд информации

Статистический ряд информации составляется для упрощения дальнейших расчетов в том случае, если повторность исходной информации N не менее 25, т.е. когда $N > 25$. При $N < 25$ статистический ряд не составляют.

Для построения статистического ряда вся информация разбивается на n интервалов. Ориентировочно количество интервалов определяется по формуле:

$$n = \sqrt{N} \pm 1, \quad (1.1)$$

где n – число интервалов;

N – число исследуемых объектов.

Наиболее рациональное количество интервалов, применяемое на практике $n = 6 \dots 10$.

Все интервалы должны быть одинаковыми по величине, прилегать друг к другу и не иметь разрывов.

Для нашего случая:

$$n = \sqrt{30} \pm 1 \approx 6.$$

Ширина интервала A определяется по формуле:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}, \quad (1.2)$$

где t_{\max} – максимальное значение случайной величины;

t_{\min} – минимальное значение случайной величины и округляется до удобной величины.

В данном примере:

$$A = \frac{6,96 - 6,01}{6} = 0,158 \approx 0,16 \text{ мм.}$$

Протяженность интервала всегда округляют в большую сторону. При этом интервалы всегда должны быть одинаковыми по величине.

За начало первого интервала рекомендуется принимать наименьшее значение показателя надежности. В рассматриваемом примере начало первого интервала принимаем $t_{1Н} = 6,0$ мм.

Статистический ряд представляет собой таблицу из четырех строк (таблица 1.2). В первой строке указываются границы интервалов, во второй – количество случаев попадания случайной величины в каждом интервале (частота) m_i , в третьей – опытная вероятность P_i случайной величины, в четвертой – накопленная опытная вероятность $\sum_{i=1}^n P_i$.

Опытная вероятность определяется как отношение числа случаев m_i к общему объему информации N . Так, например, опытная вероятность в первом и втором интервалах равна:

$$P_1 = \frac{m_1}{N} = \frac{3}{30} = 0,1;$$

$$P_2 = \frac{m_2}{N} = \frac{5}{30} = 0,17.$$

Правильность построения статистического ряда может быть проверена по накопленной вероятности.

Для последнего интервала $\sum P_i = 1$.

Таблица 1.2 – Статистический ряд информации

Интервал	6,00...6,16	6,16...6,32	6,32...6,48	6,48...6,64	6,64...6,80	6,80...6,96
Частота m_i	3	5	6	7	6	3
Опытная вероятность P_i	0,1	0,17	0,2	0,23	0,2	0,1
Накопленная опытная вероятность $\sum P_i$	0,1	0,27	0,47	0,7	0,9	1
Середина интервала	6,08	6,24	6,40	6,56	6,72	6,88

1.2.3 Определение среднего значения и среднеквадратического отклонения показателей надежности

Среднее значение является важнейшей характеристикой показателя надежности. На основании средних значений производится планирование работы машины, определение объемов ремонтных работ, составление заявок на запасные части и т.д.

Точность определения среднего значения возрастает по мере увеличения повторности информации, приближаясь к своему пределу – математическому ожиданию.

При наличии статистического ряда среднее значение показателя надежности \bar{t} определяется по уравнению:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot P_i, \quad (1.3)$$

где n – количество интервалов в статистическом ряду;

t_i – значение середины i -го интервала;

P_i – опытная вероятность i -го интервала.

Средний размер толщины шлиц первичного вала коробки передач, определенный по уравнению 1.3 с использованием статистического ряда, будет равен:

$$\begin{aligned} \bar{t} &= 6,08 \cdot 0,1 + 6,24 \cdot 0,17 + 6,40 \cdot 0,2 + 6,56 \cdot 0,23 + 6,72 \cdot 0,2 + 6,88 \cdot 0,1 \\ &= 6,49 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Среднеквадратичное отклонение σ является абсолютной характеристикой рассеивания показателя надежности, позволяющей переходить от общей совокупности к показателям надежности отдельных машин. При наличии статистического ряда информации среднее квадратическое отклонение определяется по уравнению:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \cdot P_i}. \quad (1.4)$$

Среднеквадратическое отклонение размера толщины шлиц первичного вала коробки передач, определенного по уравнению 1.4, равно:

$$\sigma = \sqrt{(6,08 - 6,49)^2 \cdot 0,1 + \dots + (6,88 - 6,49)^2 \cdot 0,1} = 0,24.$$

1.2.4 Проверка информации на выпадающие точки

Опытная информация по показателям надежности, полученная в процессе наблюдения за машинами в условиях рядовой эксплуатации, может иметь ошибочные точки, выпадающие из общего закона распределения. Причиной появления выпадающих точек могут быть грубые ошибки в измерениях, ошибочные записи и т.д.

Поэтому, перед окончательной математической обработкой, информация должна быть проверена на выпадающие точки. Проверке обычно подвергаются первые и последние точки.

Первый способ проверки информации на выпадающие точки заключается в проверке по правилу «трех сигм»: $\pm 3\sigma$. Так как, при законе нормального распределения 99,7% всех точек находятся в интервале $\bar{t} \pm 3\sigma$, то все точки, входящие в этот интервал, считаются действительными.

Для рассматриваемого примера границы достоверности точек информации будут соответственно равны:

- нижняя граница: $6,49 - 3 \cdot 0,24 = 5,77$;
- верхняя граница: $6,49 + 3 \cdot 0,24 = 7,21$.

Наименьший размер толщины шлиц первичного вала $t_1 = 6,01$ мм, что больше 5,77 мм, следовательно, первая точка информации достоверна и должна учитываться при дальнейших расчетах.

Наибольший размер толщины шлиц первичного вала $t_{30} = 6,96$ мм, что меньше 7,21 мм, следовательно, последняя точка информации достоверна и должна учитываться при дальнейших расчетах.

Второй способ проверки достоверности точек производится по критерию Ирвина λ . Этот способ является более точным. При этом определяется опытное значение критерия $\lambda_{оп}$ по формуле:

$$\lambda_{оп} = \frac{t_{i+1} - t_i}{\sigma}, \quad (1.5)$$

где t_{i+1} , t_i – смежные точки информации, и сравниваются с нормированным значением λ .

Если $\lambda_{оп} < \lambda$ точка достоверна; $\lambda_{оп} > \lambda$ точка недостоверна.

Проведя проверку крайних точек информации по доремонтным ресурсам толщины зуба третьей передачи, получим:

для наименьшей точки информации ($t_1 = 6,01$ мм):

$$\lambda_{оп} = \frac{t_2 - t_1}{\sigma} = \frac{6,09 - 6,01}{0,24} = 0,33.$$

для наибольшей точки информации ($t_{30} = 6,96$):

$$\lambda_{оп} = \frac{t_{30} - t_{29}}{\sigma} = \frac{6,96 - 6,84}{0,24} = 0,5.$$

Для объема информации $N = 30$ и доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ нормированное значение критерия $\lambda = 1,2$ (таблица А.1 приложения А).

Сравнение опытных значений критерия Ирвина с нормированным его значением показывает, что первая точка информации $t_1 = 6,01$ мм является достоверной, $\lambda_{оп} = 0,33 < \lambda = 1,2$ и её следует учитывать в дальнейших расчетах.

Последняя точка информации $t_{30} = 6,96$ также является достоверной, $\lambda_{\text{оп}} = 0,5 < \lambda = 1,2$ и её тоже следует учитывать в дальнейших расчетах.

В случаях, когда исключаются выпадающие точки, нужно перестроить статистический ряд и пересчитать среднее значение и среднее квадратическое отклонение показателя надежности.

1.2.5 Графическое изображения опытного распределения

По данным статистического ряда могут быть построены гистограмма, полигон и кривая накопленных опытных вероятностей (рисунки 1.1, 1.2 и 1.3), которые дают наглядное представление об опытном распределении показателя надежности.

При выборе масштаба при построении графиков желательно придерживаться правила «золотого сечения», т.е.

$$y = \frac{5}{8} \cdot x, \quad (1.6)$$

где y – максимальное значение ординаты;

x – максимальное значение абсциссы.

При построении гистограммы по оси абсцисс откладывают в определенном масштабе показатель надежности t , а по оси ординат – опытную вероятность P_i .

При построении полигона распределения по оси абсцисс откладывают в определенном масштабе показатель надежности t , а по оси ординат – опытную вероятность P_i .

Для построения кривой накопленных опытных вероятностей по оси абсцисс откладывают в масштабе значения показателя надежности t , а по оси ординат – накопленную опытную вероятность $\sum P_i$.

Точки полигона образуются пересечением ординаты, равной опытной вероятности интервала, и абсциссы, равной середине этого интервала. Точки кривой накопленных опытных вероятностей образуются пересечением ординаты, равной сумме опытных вероятностей и абсциссы – конца данного интервала.

Полигон дает наглядное представление о распределении показателя надежности. Кривая накопленных опытных вероятностей в этом отношении менее наглядна, но с её помощью удобно решать некоторые инженерные задачи.

Гистограмма, полигон и кривая накопленных опытных вероятностей представлены на рисунках 1.1, 1.2 и 1.3.

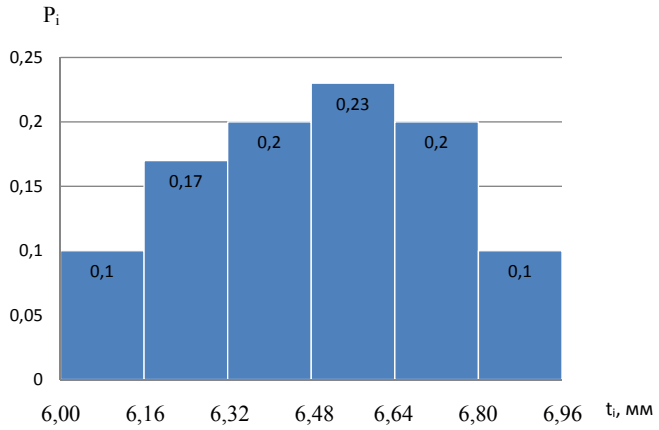


Рисунок 1.1 – Гистограмма

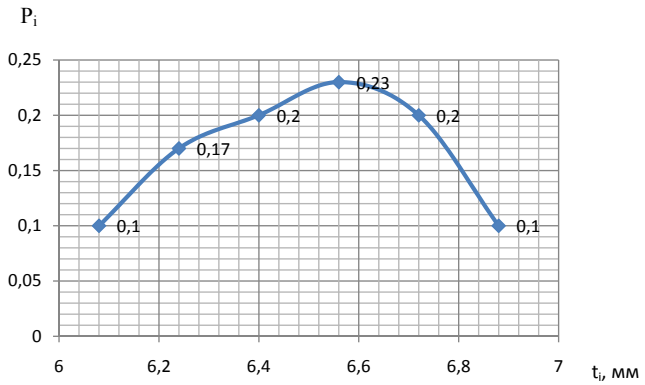


Рисунок 1.2 – Полигон распределения ресурсов

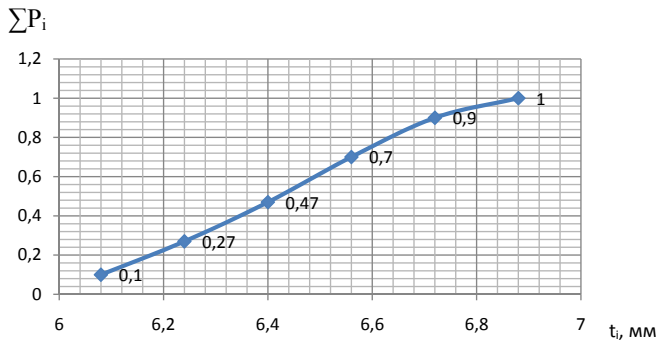


Рисунок 1.3 – Кривая накопленных вероятностей

1.2.6 Определение коэффициента вариации

Коэффициент вариации – это относительная характеристика случайной величины, используется при выборе теоретического закона распределения. Коэффициент вариации V равен отношению σ к среднему значению показателя надежности \bar{t} :

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}}. \quad (1.7)$$

Определение коэффициента вариации по уравнению 1.7 выполняется для тех показателей надежности, зона рассеивания которых начинается от их нулевого значения или близка к нему.

При наличии смещения начала зоны рассеивания $t_{см}$ величина коэффициента вариации определяется по уравнению:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t} - t_{см}}. \quad (1.8)$$

Учет смещения особенно необходим тогда, когда для выравнивания опытной информации используется теоретический закон распределения Вейбулла, параметры которого непосредственно зависят от величины коэффициента вариации.

Величину смещения $t_{см}$, с достаточной для практических расчетов точностью при наличии статистического ряда можно определить:

$$t_{см} = t_{1н} - 0,5 \cdot A. \quad (1.9)$$

При отсутствии статистического ряда за смещение принимается величина:

$$t_{см} = t_1 - \frac{t_3 - t_1}{2}, \quad (1.10)$$

где t_1 , t_2 , t_3 – значения первого, второго и третьего показателей надежности в порядке возрастания.

Для нашего случая величина смещения равна:

$$t_{см} = 6,00 - 0,5 \cdot 0,16 = 5,92 \text{ мм.}$$

Тогда коэффициент вариации, определенный по формуле 1.8 будет равен:

$$V = \frac{0,24}{6,49 - 5,92} = 0,42.$$

1.2.7 Выбор теоретического закона распределения

Теоретический закон распределения (ТЗР) выражает общий характер изменения показателя надежности и исключает частные отклонения, связанные с недостатком первичной информации, т.е. ТЗР характеризует генеральную совокупность. Опытное распределение имеет частные особенности, которые должны быть исключены при переносе характеристик опытного распределения на генеральную совокупность.

Процесс замены опытных закономерностей теоретическими называется выравниванием опытной информации.

Каждый ТЗР характеризуется двумя функциями:

- $f(t)$ – дифференциальная функция;
- $F(t)$ – интегральная функция.

Применительно к показателям надежности машин, эксплуатируемых в сельском хозяйстве, в подавляющем большинстве случаев используется закон нормального распределения (ЗНР) и закон распределения Вейбулла (ЗРВ).

Выбор теоретического закона производится, исходя из следующих признаков:

1. По величине коэффициента вариации:

- если $V < 0,3$ – выбирается ЗНР;
- если $0,3 < V < 0,5$ – выбирается ЗНР или ЗРВ;
- если $V > 0,5$ – выбирается ЗРВ.

2. По области применения.

а) ЗНР применяется, как правило, при определении характеристик рассеивания:

- ресурсов и сроков службы машин и агрегатов;
- времени и стоимости восстановления работоспособности машин;
- наработки на ресурсный отказ;
- ошибок измерений размеров деталей.

б) ЗРВ применяется, как правило, при определении:

- ресурсов и сроков службы отдельных деталей и сопряжений;
- доремонтных и межремонтных ресурсов тех элементов машин, отказы которых вызваны выходом из строя одной и той же детали;
- информации по износам деталей.

В данном примере применим закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла, т.к. $0,3 < V = 0,42 < 0,5$.

Рассмотрим закон нормального распределения (ЗНР).

Отличительной особенностью ЗНР является симметричное рассеивание частных значений относительного среднего.

Дифференциальная функция нормального распределения имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{\frac{(t-\bar{t})}{\sigma \cdot \sqrt{2}}}, \quad (1.11)$$

где e – основание натурального логарифма, $e = 2,718$;

\bar{t} – среднее значение показателя надежности;

σ – среднее квадратическое отклонение;

π – математическая константа, $\pi = 3,14$;

t – текущее значение показателя надежности.

Интегральная функция, или функция распределения $F(t)$, определяется интегрированием функции плотности вероятностей $f(t)$ и имеет вид:

$$F(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \int_0^{+\infty} e^{\frac{(t-\bar{t})}{2 \cdot \sigma^2}} dt. \quad (1.12)$$

Обе эти функции имеют два параметра: \bar{t} – параметр масштаба и σ – параметр формы. Эти параметры определяются на основании опытной информации. Найденные параметры можно подставить в уравнения 1.11 и 1.12 и использовать их для дальнейших расчетов, но это довольно сложная задача.

Если в уравнении 1.11 значение \bar{t} приравнять к нулю, σ к единице, то получим центрированную и нормированную дифференциальную функцию:

$$f_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (1.13)$$

Из уравнений 1.11 и 1.13 соотношение между $f(t)$ и $f_0(t)$ имеет вид:

$$f(t_{ci}) = \frac{A}{\sigma} f_0\left(\frac{t_{ci} - \bar{t}}{\sigma}\right). \quad (1.14)$$

Значение дифференциальной функции $f_0\left(\frac{t_{ci} - \bar{t}}{\sigma}\right)$ находится в таблице А.2.

Из уравнения 1.13 также следует, что:

$$f_0(-t) = f_0(t).$$

Центрированная и нормированная интегральная функция ($t = 0$; $\sigma = 1$) определяется по уравнению:

$$F_0(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (1.15)$$

Из уравнений 1.12 и 1.15 получим:

$$F(t_{ki}) = F_0\left(\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}\right), \quad (1.16)$$

где t_{ki} – значение конца i -го интервала статистического ряда.

Из уравнения 1.15 следует:

$$F_0(-t) = 1 - F_0(t). \quad (1.17)$$

Значение интегральной функции $F_0\left(\frac{t_{ki}-\bar{t}}{\sigma}\right)$ находится в таблице А.3.

При обработке опытной информации установлено:

- средний ресурс $\bar{t} = 6,49$ мм;
- среднее квадратическое отклонение $\sigma = 0,24$ мм;
- коэффициент вариации $V = 0,42$.

Для построения дифференциальной кривой $f(t)$ определяется теоретическая вероятность попадания случайной величины в каждом интервале статистического ряда (таблица 1.2).

Так, вероятность того, что деталь потребует ремонта в первом и втором интервале наработок будет равна:

$$f(t_{c1}) = f(6,08) = \frac{0,16}{0,24} \cdot f_0\left(\frac{6,08 - 6,49}{0,24}\right) = 0,66 \cdot f_0(-1,71) = 0,66 \cdot f_0(1,71) = 0,66 \cdot 0,092 = 0,061;$$

$$f(2) = f(6,24) = \frac{0,16}{0,24} \cdot f_0\left(\frac{6,24 - 6,49}{0,24}\right) = 0,66 \cdot f_0(-1,04) = 0,66 \cdot f_0(1,04) = 0,66 \cdot 0,232 = 0,153.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 1.3.

Для построения интегральной кривой определяются значения функции $F(t)$ для концов интервалов статистического ряда.

Для первого интервала получим:

$$F(t_{k1}) = F(6,16) = F_0\left(\frac{6,16 - 6,49}{0,24}\right) = F_0(-1,37) = 1 - F_0(1,37) = 1 - 0,915 = 0,085;$$

$$F(t_{k2}) = F(6,32) = F_0\left(\frac{6,32 - 6,49}{0,24}\right) = F_0(-0,71) = 1 - F_0(0,71) = 1 - 0,761 = 0,239.$$

Дальнейшие результаты расчетов представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Значения $f(t)$ и $F(t)$ при ЗНР

Интервалы, мм	6,00-6,16	6,16-6,32	6,32-6,48	6,48-6,64	6,64-6,80	6,80-6,96
$f(t)$	0,061	0,153	0,245	0,243	0,166	0,071
$F(t)$	0,085	0,239	0,484	0,732	0,902	0,975

Графики дифференциальной и интегральной функций для закона нормального распределения представлены на рисунках 1.4 и 1.5.

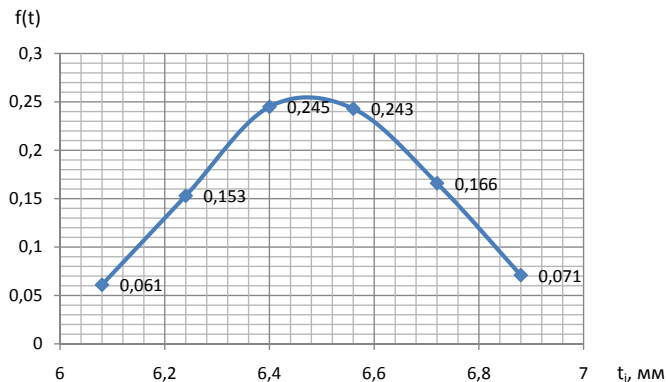


Рисунок 1.4 – График дифференциальной функции

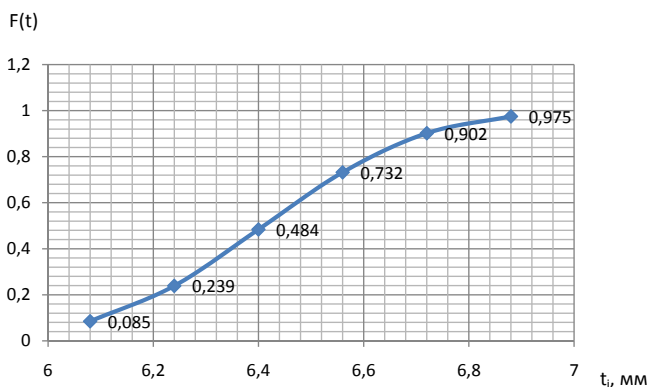


Рисунок 1.5 – График интегральной функции

Рассмотрим закон распределения Вейбулла (ЗРВ).

Отличительной особенностью закона распределения Вейбулла является правосторонняя асимметрия дифференциальной функции.

Дифференциальная $f(t)$ и интегральная $F(t)$ функции определяются уравнениями:

$$f(t) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}; \quad (1.18)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}, \quad (1.19)$$

где a и b – параметры распределения Вейбулла.

Определение параметров " a " и " b " аналитическим путем довольно трудно, поэтому на практике при их определении пользуются специальными таблицами.

Порядок определения дифференциальной и интегральной функций при ЗРВ следующий:

1. Определение, на основании опытной информации, среднего значения случайной величины \bar{t} , среднего квадратического отклонения σ и коэффициента вариации.

2. По таблицам по известному значению коэффициента вариации V определяются параметр "в" и коэффициенты Вейбулла K_B и C_B .

3. Параметр "а" определяется из выражения:

$$a = \frac{\bar{t} - t_{cm}}{K_B}; \quad (1.20)$$

или

$$a = \frac{\sigma}{C_B}; \quad (1.21)$$

Из таблицы А.4 по известному коэффициенту вариации V получим: $v = 2,5$; $K_B = 0,887$; $C_B = 0,380$.

$$a = \frac{0,24}{0,380} = 0,63 \text{ мм.}$$

4. Зная параметры "а" и "в" и пользуясь табулированными функциями $af(t)$ и $F(t)$, можно определить дифференциальную и интегральную функции.

При нахождении функции $f(t)$ для каждого интервала статистического ряда определяется отношение $\frac{t_{ci} - t_{cm}}{a}$, где t_{ci} – середина i -го интервала. По найденному отношению при определенной величине параметра "в" по таблице А.5 определяем значение функции $af(t_{ci} - t_{cm})$, нормированной по "а".

Значение функции $f(t)$ для i -го интервала статистического ряда определится из выражения:

$$f(t_{ci}) = \frac{af(t_{ci} - t_{cm})}{a} \cdot A. \quad (1.22)$$

Для нахождения функции $F(t)$ для каждого интервала определяется отношение $\frac{t_{ki} - t_{cm}}{a}$, где t_{ki} – конец i -го интервала. По найденному отношению и параметру "в" по таблице А.6 определяем значение интегральной функции $F(t_{ki} - t_{cm})$.

Для данного задания значение дифференциальной и интегральной функций при ЗРВ будут равны:

– для первого интервала:

$$\frac{t_{c1} - t_{cm}}{a} = \frac{6,08 - 5,92}{0,63} = 0,25;$$

$$af(t_{c1} - t_{cm}) = 0,3285;$$

$$f(6,00 - 6,16) = \frac{0,3285}{0,63} \cdot 0,16 = 0,083;$$

$$\frac{t_{k1} - t_{cm}}{a} = \frac{6,16 - 5,92}{0,63} = 0,4;$$

$$F(t_{k1}) = 0,096;$$

– для второго интервала:

$$\frac{t_{c2} - t_{cm}}{a} = \frac{6,24 - 5,92}{0,63} = 0,5;$$

$$af(t_{c2} - t_{cm}) = 0,7502;$$

$$f(6,16 - 6,32) = \frac{0,7502}{0,63} \cdot 0,16 = 0,183;$$

$$\frac{t_{k2} - t_{cm}}{a} = \frac{6,32 - 5,92}{0,63} = 0,635;$$

$$F(t_{k2}) = 0,243.$$

Дальнейшие результаты расчетов представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Значения $f(t)$ и $F(t)$ при ЗРВ

Интервалы, мм	6,00...6,16	6,16...6,32	6,32...6,48	6,48...6,64	6,64...6,80	6,80...6,96
$f(t)$	0,083	0,183	0,247	0,234	0,15	0,069
$F(t)$	0,096	0,243	0,536	0,719	0,902	0,969

Графическое изображение дифференциальной функции $f(t)$ и интегральной функции $F(t)$ при выравнивании по ЗРВ представлено на рисунках 1.6 и 1.7.

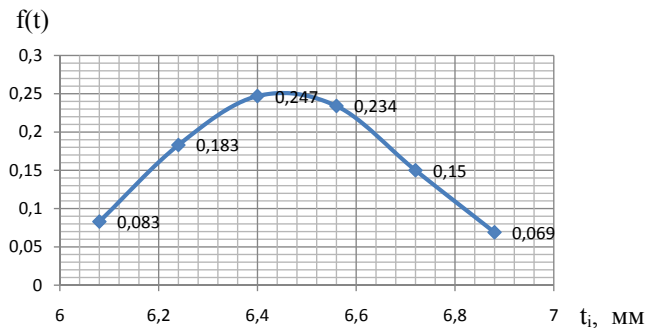


Рисунок 1.6 – График дифференциальной функции

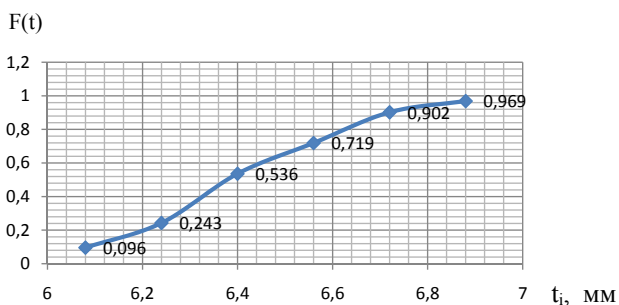


Рисунок 1.7 – График интегральной функции

1.2.8 Критерии согласия опытных и теоретических распределений показателей надежности

Применительно к показателям надежности тракторов и сельскохозяйственных машин, чаще используется критерий согласия Пирсона χ^2 .

Критерий χ^2 определяется по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m_{Ti})^2}{m_{Ti}}, \quad (1.23)$$

где n – число интервалов в статистическом ряду;

m_i – опытная частота в i -ом интервале;

m_{Ti} – теоретическая частота в i -ом интервале.

$$m_{Ti} = N \cdot [F(t_i) - F(t_{i-1})]. \quad (1.24)$$

Для определения критерия согласия χ^2 нужно иметь статистический ряд, который удовлетворяет условиям:

$$n \geq 4; \quad m \geq 5. \quad (1.25)$$

В случае, если статистический ряд не удовлетворяет этим условиям, проводится укрупнение его путем объединения интервалов с частотой m_i или m_{Ti} меньше 5 с соседними.

Выбирают тот закон распределения, у которого χ^2 меньше, а вероятность P больше. Также производят сравнение расчетного значения с табличным χ^2_T . Если $\chi^2 \geq \chi^2_T$, то гипотезу опровергают.

Для данного задания значение теоретической частоты (m_{Ti}) для каждого интервала статистического ряда, определенное по формуле 1.24 для ЗНР и ЗРВ, представлено в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Значение теоретической частоты для ЗНР и ЗРВ

Интервалы, мм		6,00...6,16	6,16...6,32	6,32...6,48	6,48...6,64	6,64...6,80	6,80...6,96
Опытная частота m_i		3	5	6	7	6	3
Дифференциальная функция F (t)	ЗНР	0,085	0,239	0,484	0,732	0,902	0,975
	ЗРВ	0,096	0,243	0,536	0,719	0,902	0,969
Теоретическая частота, m_{Ti}	ЗНР	2,55	4,62	7,35	7,44	5,1	2,19
	ЗРВ	2,88	4,41	8,79	5,49	5,49	2,01

Так как при выравнивании по ЗНР статистический ряд не удовлетворяет условию 1.25, производим укрупнение статистического ряда, т.е. объединяем первый и второй, а также пятый и шестой интервалы. Укрупненный статистический ряд представлен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Укрупненный статистический ряд для определения критерия согласия χ^2

Интервалы, мм		6,00...6,32	6,32...6,48	6,48...6,64	6,64...6,96
Опытная частота, m_i		8	6	7	9
Теоретическая частота, m_{Ti}	ЗНР	7,17	7,35	7,44	7,29
	ЗРВ	7,29	8,79	5,49	7,5

Критерий χ^2 будет соответственно равен:

- для закона нормального закона:

$$\chi^2 = \frac{(8-7,17)^2}{7,17} + \frac{(6-7,35)^2}{7,35} + \frac{(7-7,44)^2}{7,44} + \frac{(9-7,29)^2}{7,29} = 0,771;$$

- для закона распределения Вейбулла:

$$\chi^2 = \frac{(8-7,29)^2}{7,29} + \frac{(6-8,79)^2}{8,79} + \frac{(7-5,49)^2}{5,49} + \frac{(9-7,5)^2}{7,5} = 1,67.$$

Для количественной оценки совпадения опытного и теоретического распределения определяется вероятность совпадения по критерию Пирсона $P(\chi^2)$, определяемая по таблице А.7.

Вероятность совпадения при прочих равных условиях зависит также от повторности исследуемой информации. Для пользования таблицей необходимо определить число степеней свободы r по уравнению:

$$r = n_y - k - 1, \quad (1.26)$$

где n_y – число интервалов укрупненного статистического ряда;

k – число параметров теоретического закона распределения, для ЗНР $k = 1$, для ЗРВ $k = 2$;

l – связь, накладываемая закономерностью $\sum P_i = 1$.

Для данного примера:

$$r = 4 - 2 - 1 = 1.$$

Тогда для закона нормального распределения $P(\chi^2) = 40\%$, для закона распределения Вейбулла $P(\chi^2) = 20\%$.

Принято считать, что теоретический закон согласуется с опытным распределением, если $P(\chi^2) \geq 10\%$.

Из проведенной проверки следует, что оба теоретические закона согласуются с опытным распределением, но вероятность совпадения закона нормального распределения несколько выше, чем закона распределения Вейбулла.

1.2.9 Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности. Абсолютная и относительная предельные ошибки

Доверительные границы рассеивания показателей надежности при использовании закона нормального распределения определяется по формулам:

а) для одиночного значения показателя надежности:

$$t_a^H = \bar{t} - t_a \cdot \sigma; \quad (1.27)$$

$$t_a^B = \bar{t} + t_a \cdot \sigma; \quad (1.28)$$

$$e_a = t_a \cdot \sigma, \quad (1.29)$$

где t_a^H – нижняя доверительная граница одиночного значения показателя надежности;

t_a^B – верхняя доверительная граница одиночного значения показателя надежности;

σ – среднее квадратическое отклонение;

t_a – коэффициент Стьюдента определяется по таблице А.8 в зависимости от принятой доверительной вероятности α и объема информации N ;

e_a – абсолютная ошибка рассеивания.

б) для среднего значения показателя надежности:

$$\bar{t}_a^H = \bar{t} - t_a \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}}; \quad (1.30)$$

$$\bar{t}_a^B = \bar{t} + t_a \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}}; \quad (1.31)$$

$$\bar{e}_a = t_a \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (1.32)$$

где \bar{t}_a^H – нижняя доверительная граница рассеивания среднего значения показателя надежности;

\bar{t}_a^B – верхняя доверительная граница рассеивания среднего значения показателя надежности;

\bar{e}_a – абсолютная ошибка рассеивания среднего значения показателя надежности.

Относительная ошибка переноса опытных значений показателя надежности на генеральную совокупность:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\bar{t}_a^B - \bar{t}}{\bar{t} - t_{cm}} \cdot 100\%. \quad (1.33)$$

Определяем доверительные границы рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности, предварительно задаемся доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$. По таблице А.8 определяем значение коэффициента Стьюдента t_a для $\alpha = 0,95$ и $N = 30$. Для заданных условий $t_a = 2,04$.

$$t_a^H = 6,49 - 2,04 \cdot 0,24 = 6 \text{ мм};$$

$$t_a^B = 6,49 + 2,04 \cdot 0,24 = 6,98;$$

$$e_a = 2,04 \cdot 0,24 = 0,49 \text{ мм};$$

$$\bar{t}_a^H = 6,49 - 2,04 \cdot \frac{0,24}{\sqrt{30}} = 6,4 \text{ мм};$$

$$\bar{t}_a^B = 6,49 + 2,04 \cdot \frac{0,24}{\sqrt{30}} = 6,58 \text{ мм};$$

$$\bar{e}_a = 2,04 \cdot \frac{0,24}{\sqrt{30}} = 0,089 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{6,58 - 6,49}{6,49 - 5,92} \cdot 100\% = 15,7\%.$$

Расчет доверительных границ рассеивания при использовании закона распределения Вейбулла ведется от нуля, т.к. кривая распределения в этом случае асимметрична.

Рассеивание одиночных значений показателя надежности определяется по формулам:

$$t^H = H_K^H \left(\frac{1 - \alpha}{2} \right) \cdot a + t_{CM}; \quad (1.34)$$

$$t^B = H_K^B \left(\frac{1 + \alpha}{2} \right) \cdot a + t_{CM}, \quad (1.35)$$

где t^H – нижняя доверительная граница;

t^B – верхняя доверительная граница;

H_K^B – нормированная квантиль закона распределения Вейбулла, определяется по таблице А.9 для известных значений "в" и $\frac{1 \pm \alpha}{2}$;

a – параметр распределения Вейбулла.

Для определения границ рассеивания среднего значения используются формулы:

$$\bar{t}^H = (\bar{t} - t_{CM}) \cdot \sqrt[3]{\Gamma_3} + t_{CM}; \quad (1.36)$$

$$\bar{t}^B = (\bar{t} - t_{CM}) \cdot \sqrt[3]{\Gamma_1} + t_{CM}, \quad (1.37)$$

где \bar{t}^H – нижняя доверительная граница;

\bar{t}^B – верхняя доверительная граница;

Γ_1 ; Γ_3 – коэффициенты Вейбулла, определяются по таблице А.8;

v – параметр распределения Вейбулла.

$$t^H = H_K^H \left(\frac{1 - 0,95}{2} \right) \cdot 0,63 + 5,92 = 0,210 \cdot 0,63 + 5,93 = 6,05 \text{ мм};$$

$$t^B = H_K^B \left(\frac{1 + 0,95}{2} \right) \cdot 0,63 + 5,92 = 1,73 \cdot 0,63 + 5,92 = 7,01 \text{ мм};$$

$$\bar{t}^H = (6,49 - 5,92) \cdot \sqrt[2,5]{0,72} + 5,92 = 6,42 \text{ мм};$$

$$\bar{t}^B = (6,49 - 5,92) \cdot \sqrt[2,5]{1,48} + 5,92 = 6,59.$$

Относительная ошибка рассеивания (переноса) опытных значений показателя надежности на генеральную совокупность:

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\bar{t}^B - \bar{t}}{\bar{t} - t_{\text{см}}} \cdot 100\%; \quad (1.38)$$

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{6,59-6,49}{6,49-5,92} \cdot 100\% = 17,5 \text{ \%}.$$

2 Правила оформления контрольной работы

Контрольная работа выполняется в программе Microsoft Word и должна включать:

- титульный лист;
- индивидуальное задание;
- содержание;
- ответ на теоретический вопрос;
- расчёт задачи, включающий расчётные формулы, результаты и графики;
- список использованных источников.

Задания для выполнения контрольной работы выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту. Исправления задания студентом не допускаются.

Индивидуальное задание подкрепляется к контрольной работе после титульного листа и содержит теоретический вопрос и задание для решения задачи. Контрольная работа без задания или с исправленным заданием не рецензируется и возвращается студенту.

Общие требования к оформлению контрольной работы представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Общие требования к оформлению контрольной работы

Шрифт основного текста	Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14 пт
Поля	Левое – 30 мм, правое – 10 мм, нижнее – 20 мм, верхнее – 20 мм
Межстрочный интервал	Полуторный
Абзац	Отступ – 1,25 мм
Выравнивание	По ширине страницы
Заголовок раздела. Заголовок подраздела	Прописными буквами; шрифт Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14 пт; выравнивание по левому краю с абзаца; отделяется от основного текста одной строкой; переносы слов не допускаются; точка в конце не ставится; кавычки не ставятся; подчеркивание не используется
Нумерация страниц	Номер проставляется в верхнем правом углу, начиная со 2-й страницы (титальный лист не нумеруется. Кегль (размер шрифта) номера страницы – 10 пт
Формулы	Создаются встроенным редактором формул Math Type или Microsoft Equation; центрируются; нумеруются в круглых скобках с правого края

3 Порядок изучения дисциплины

Дисциплина «Надежность и ремонт машин» изучается студентами заочной формы обучения (профиль «Машины и оборудование в агробизнесе») на четвертом курсе путем:

- а) прослушивания лекций и выполнения лабораторно-практических работ;
- б) самостоятельного изучения соответствующих литературных источников;
- в) выполнения одной контрольной работы;
- г) сдачи зачета.

Дисциплина «Надежность технических систем» изучается студентами заочной формы обучения (профиль «Технический сервис в АПК») на пятом курсе обучения путем:

- а) прослушивания лекций и выполнения лабораторно-практических работ;

б) самостоятельного изучения соответствующих литературных источников;

в) выполнения одной контрольной работы;

г) сдачи зачета.

При успешном освоении дисциплины студент может использовать свои знания при выполнении выпускной квалификационной работы по оценке и совершенствованию надежности, а также технологии обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в хозяйстве.

На зачетно-экзаменационной сессии 4 курса учебным планом заочного отделения по дисциплине «Надежность и ремонт машин» предусмотрено 4 ч лекций, 10 ч лабораторно-практических занятий и выполнение одной контрольной работы.

На зачетно-экзаменационной сессии 5 курса учебным планом заочного отделения по дисциплине «Надежность технических систем» предусмотрено 6 ч лекций, 6 ч лабораторно-практических занятий и выполнение одной контрольной работы.

Целями освоения дисциплины «Надежность и ремонт машин» являются:

– приобретение студентами знаний по оценке надёжности машин, разработке и осуществлению мероприятий по её повышению;

– изучение основ теории надёжности машин, оборудования и технических систем;

– изучение способов повышения доремонтного и послеремонтного уровней надёжности;

– изучение правил проведения испытаний машин на надёжность;

– освоение технологии ремонта с.-х. техники;

– проектирование технологических процессов ремонта и восстановления изношенных деталей, сборочных единиц машин и оборудования;

– определение оптимальных режимов выполнения производственных процессов;

– изучение управления качеством ремонта машин и оборудования;

– получение теоретических знаний и практических навыков по основам проектирования и реконструкции ремонтно-обслуживающих предприятий АПК.

Целями освоения дисциплины «Надежность технических систем» являются:

– приобретение студентами знаний по оценке надёжности технических систем, разработке и осуществлению мероприятий по её повышению;

– изучение основ теории надёжности машин, оборудования и технических систем;

– изучение способов повышения доремонтного и послеремонтного уровней надёжности;

– изучение правил проведения испытаний машин на надёжность.

Между сессиями и в период сессии студент может получать необходимые консультации у ведущего преподавателя данных дисциплин кафедры «Технический сервис».

Изучение учебной дисциплины «Надежность и ремонт машин» направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций:

- ПК 12.2 – «Способность использовать типовые технологии восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования»;
- ПК 16 – «Способность анализировать технологический процесс как объект контроля и управления».

Изучение учебной дисциплины «Надежность технических систем» направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций:

- ПК 1.2 – «Способность к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования»;
- ПК 3.1 – «Способность решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и тепломассообмена; знание устройства и правил эксплуатации гидравлических машин и теплотехнического оборудования»;
- ПК 26.2 – «Готовность использовать современные технологии и оборудование для технического сервиса машин в АПК».

4 Самостоятельная работа по изучению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины, студент должен ознакомиться с ее программой.

Программа дисциплины «Надежность и ремонт машин» составлена на основе ФГОС ВПО по направлению подготовки 110800.62 «Агроинженерия», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации, и включает разделы: 1) Введение. Надежность и теоретические основы ремонта машин. 2) Производственный процесс ремонта машин и оборудования. 3) Технологические процессы ремонта типовых деталей и сборочных единиц.

Программа дисциплины «Надежность технических систем» составлена на основе ФГОС ВПО по направлению подготовки 110800.62 «Агроинженерия», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации, и включает разделы: 1) Понятие о качестве и надежности технических систем. Физические основы надежности. 2) Методы расчета показателей надежности. 3) Испытания машин на надежность. Методы повышения надежности технических систем.

5 Контрольные вопросы по теоретическому курсу

5.1 Дисциплины «Надежность и ремонт машин», «Надежность технических систем»

5.1.1 Основные характеристики надежности машин

- 1 Что понимают под обеспечением надежности машин?
- 2 Дайте определение надежности машин. Какие свойства включает понятие надежности объекта? В чем различие свойств безотказности и долговечности объекта?
- 3 Перечислите состояние объекта с точки зрения надежности. Когда наступает неработоспособное состояние объекта (технической системы)?
- 4 Возможна ли дальнейшая эксплуатация объекта при достижении им предельного состояния?
- 5 Поясните разницу между восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми объектами.
- 6 Что такое отказ? Каковы его разновидности в зависимости от причин возникновения, характера проявления, группы сложности, взаимосвязи и способа обнаружения?
- 7 В чем отличие понятия «отказ» от понятия «повреждение»? В результате каких основных процессов возникают отказы элементов машин?
- 8 Назовите перечень (характер) отказов элементов машин.
- 9 Приведите классификацию показателей надежности. Перечислите оценочные показатели надежности машин.
- 10 Какими показателями оценивается безотказность объекта? Дайте краткую их характеристику и приведите примеры расчета.
- 11 Что такое долговечность объекта? Перечислите и дайте определение показателей долговечности. Что понимают под ресурсом, гамма-процентным ресурсом и сроком службы?
- 12 Какие основные и вспомогательные показатели используют для оценки ремонтпригодности объекта?
- 13 Перечислите показатели сохраняемости объекта. Показателями какого свойства объекта они соответствуют по своей сути?
- 14 Назовите и дайте определение комплексных показателей надежности машин. Как определяют коэффициенты готовности и технического использования?
- 15 Почему у невосстанавливаемых объектов совпадают значения наработки до отказа и среднего ресурса? Почему не совпадают значения аналогичных показателей у восстанавливаемых объектов (наработка на отказ и средний ресурс)?

5.1.2 Физические основы теории надежности машин

- 1 Какие физические процессы вызывают снижение надежности машин в эксплуатации?
- 2 Приведите и охарактеризуйте структуру физико-вероятностной модели.
- 3 Объясните схему формирования отказа изделия для одного из выходных параметров.
- 4 Модель проявления постепенных и внезапных отказов.
- 5 Что изучает научная дисциплина – трибоника (триботехника)? Какие существуют виды трения рабочих поверхностей деталей?
- 6 Какие основные виды взаимодействия рабочих поверхностей деталей различают в теории трения? Назовите факторы, определяющие характер трения.
- 7 Какие различают виды трения в зависимости от толщины пленки смазочного материала?
- 8 Приведите примеры, когда один вид трения может переходить в другой. Как этот переход может влиять на работу узла трения?
- 9 Перечислите основные виды смазки. Что показывает диаграмма Герси-Штрибека?
- 10 Что называют изнашиванием? Назовите основные количественные характеристики изнашивания деталей машин. Являются ли характеристики изнашивания постоянными величинами?
- 11 Какие основные характеристики необходимо знать для оценки и обеспечения надежности элементов машин при изнашивании?
- 12 Что такое износостойкость? Как связаны между собой скорость и интенсивность изнашивания?
- 13 Перечислите основные факторы, влияющие на характер и интенсивность изнашивания деталей машин.
- 14 Приведите наиболее распространенные сочетания материалов для различных пар трения.
- 15 Перечислите основные классы износостойкости, используемые для прогнозирования надежности при износе элементов машины.
- 16 Какие основные модели изнашивания вы знаете? Какова наиболее общая модель изнашивания элементов машин?
- 17 Назовите и кратко охарактеризуйте основные методы определения величины износа деталей машин.
- 18 Какие виды изнашивания различают в соответствии с действующей классификацией?
- 19 Каков механизм усталостного изнашивания поверхностей деталей? Что такое питтинг?
- 20 Поясните механизм изнашивания при заедании. Что такое «схватывание»?
- 21 В чем сходство и различие абразивного и усталостного изнашивания?
- 22 Как можно повысить абразивную износостойкость поверхности детали?

- 23 Перечислите основные мероприятия по снижению интенсивности абразивного изнашивания элементов машин.
- 24 Назовите виды коррозионно-механического изнашивания рабочих поверхностей деталей. Чем обусловлено окислительное изнашивание? Каково его влияние на работу узлов трения?
- 25 Сущность водородного изнашивания. Что такое «избирательный перенос»?
- 26 Какой вид изнашивания является наиболее разрушительным?
- 27 Приведите классификацию соединений по условиям их изнашивания.
- 28 Дайте общую характеристику методов расчета на износ. Назовите основные критерии нормирования предельно допустимого износа.

5.1.3 Методы расчета показателей надежности машин

- 1 Как организуют сбор и обработку статистической информации о надежности? Какие требования предъявляются к совокупности наблюдаемых объектов?
- 2 Возможность решения каких задач обеспечивают результаты сбора и обработки информации о надежности машин?
- 3 Когда эксплуатацию заданного числа машин называют подконтрольной?
- 4 Какие основные источники используются для сбора информации о надежности машин?
- 5 Перечислите формы учетной документации для сбора и обработки информации о надежности машин.
- 6 Назовите основные методы сбора информации о надежности машин в эксплуатации.
- 7 Укажите особенности инструментального метода сбора информации о надежности машин.
- 8 Для чего используют метод хронометража при сборе информации о надежности машин?
- 9 В каких случаях применяют метод периодических наблюдений при сборе информации о надежности машин?
- 10 Назовите особенности метода сбора информации о надежности машин, основанного на анализе данных эксплуатационной и ремонтной документации.
- 11 Каков порядок обработки полной информации по показателям надежности? Перечислите основные этапы методики определения количества деталей, годных для дальнейшего использования и требующих восстановления.
- 12 Изложите сущность графических методов обработки информации по показателям надежности.
- 13 Особенности методики обработки многократно усеченной информации.
- 14 В чем сущность прогнозирования остаточного ресурса машин? Приведите графическую схему его определения.

15 Дайте определение предельному и допускаемому значению параметра.

5.1.4 Основы надежности сложных технических систем

- 1 Что понимается под сложной технической системой?
- 2 Опишите структурные модели надежности сложных технических систем.
- 3 В чем заключается расчет надежности технической системы? Что является основой составления структурной схемы надежности машин?
- 4 Рассмотрите пример оценки вероятности и среднего времени безотказной работы технической системы с последовательным соединением элементов в структурной схеме.
- 5 Как определяется надежность технической системы из параллельно соединенных элементов в структурной схеме?
- 6 Каково назначение и разновидности резервирования для повышения надежности сложных технических систем? Дайте краткую их характеристику.
- 7 Поясните сущность резервирования с нагруженным и ненагруженным резервом.
- 8 Приведите структурные схемы общего и раздельного резервирования сложной технической системы.
- 9 Изложите порядок определения вероятности безотказной работы для технической системы, элементы которой соединены комбинированно (с сочетанием последовательного и параллельного соединения) в плане их влияния на надежность всей системы в целом.
- 10 Какими методами резервирования обеспечивается повышение надежности подверженных старению технических систем в процессе их эксплуатации?
- 11 Изложите сущность анализа надежности сложных технических систем с помощью дерева отказов.

5.1.5 Испытания машин на надежность

- 1 Какие виды испытаний машин на надежность различают в соответствии с действующей классификацией? Назовите основные цели испытаний. Приведите области применения различных типов испытаний.
- 2 Каково назначение и разновидности контрольных испытаний машин? Укажите особенности приемочных испытаний.
- 3 Какие два вида испытаний проводят с изделием при постановке его на серийное производство?
- 4 Каково назначение и разновидности определительных испытаний машин? Изложите сущность исследовательских испытаний.
- 5 Как подразделяются испытания в зависимости от продолжительности проведения и нагрузочных режимов? Назовите особенности методов

- физического моделирования в исследовании надежности машин, основанных на теории подобия.
- 6 Как подразделяются испытания в зависимости от характера последствий? Являются ли контрольные испытания разрушающими?
 - 7 Для чего используют метод однократной выборки в исследовании надежности машин? Назовите последовательность этапов определительных испытаний.
 - 8 Какие планы испытаний используют при оценке надежности машин? Дайте краткую их характеристику.
 - 9 Укажите планы контрольных испытаний в зависимости от поставленных задач и характера изделия.
 - 10 Изложите сущность планирования и проведения испытаний ограниченной продолжительности.
 - 11 Порядок выбора плана испытаний и определения количества испытываемых изделий. Какая информация лежит в основе расчета параметров плана испытаний?
 - 12 Как можно сократить время испытаний? Опишите схему обоснования режимов ускоренных испытаний. Назовите критерий оценки эффективности методов ускоренных испытаний.
 - 13 Перечислите основные методы лабораторных испытаний. Дайте краткую их характеристику.
 - 14 Укажите цель стендовых испытаний. Назовите способы задания внешних нагрузок. Что показывает диаграмма блока нагружения?
 - 15 Сущность полигонных и эксплуатационных испытаний. Какова последовательность их проведения?

5.1.6 Основы прогнозирования надежности машин

- 1 Что является основой прогнозирования технического состояния машин?
- 2 Этапы прогнозирования надежности машин.
- 3 Основные задачи прогнозирования надежности машин.
- 4 Методы прогнозирования надежности машин.
- 5 Изложите сущность методов прогнозирования надежности машин, основанных на экспертных оценках.
- 6 Для решения каких задач используются экспертные методы при оценке надежности машин? Укажите способы проведения опроса экспертов.
- 7 Назовите последовательность этапов методики обработки результатов экспертной оценки надежности машин.
- 8 Процедура прогнозирования надежности машин методами моделирования с использованием основных положений теории подобия. Назовите этапы моделирования.
- 9 Статистические методы прогнозирования надежности машин. В чем сущность метода экстраполяции?

- 10 Дайте определение понятия «погрешность прогнозирования». Приведите классификацию основных источников погрешностей прогнозирования.
- 11 Какими показателями оценивается качество прогнозирования надежности машин и их элементов? Дайте краткую их характеристику.

5.1.7 Основные направления повышения надежности машин

- 1 Приведите классификацию факторов, влияющих на надежность машин. Каковы основные пути повышения надежности машин?
- 2 Назовите конструктивные мероприятия по повышению надежности машин. Что понимают под агрегатированием конструкции машины?
- 3 Каковы причины снижения уровня надежности машин при производстве?
- 4 Укажите цель технологических методов повышения надежности. Назовите основные группы технологических мероприятий по обеспечению надежности машин в процессе их производства.
- 5 Перечислите основные направления совершенствования системы технической эксплуатации машин, повышающие их надежность.
- 6 Назовите основные группы технологических мероприятий по обеспечению надежности машин в процессе их эксплуатации.
- 7 Назовите основные направления повышения надежности отремонтированных машин.
- 8 Дайте определение понятия «нормы надежности». Возможность решения каких задач обеспечивается при нормировании показателей надежности?
- 9 Порядок выбора номенклатуры показателей и определения норм надежности машин и оборудования. Что понимают под максимальной эффективностью машин?
- 10 По какому критерию оптимизируют показатели надежности? Как практически это делают?
- 11 Назовите критерий оценки экономической эффективности мероприятий по повышению надежности машин.

5.2 Дисциплина «Надежность и ремонт машин»

5.2.1 Основные понятия и определения. Приемка объектов в ремонт и их хранение. Очистка объектов ремонта

- 1 Понятие о производственном и технологическом процессах. Общая схема технологического процесса ремонта машин.
- 2 Техническая документация на ремонт в соответствии с ЕСТД.
- 3 Приемка в ремонт и выдача из ремонта машин.
- 4 Подготовка машин к ремонту.
- 5 Предремонтное диагностирование, его задачи и содержание. Технические требования и документация.
- 6 Хранение машин и оборудования, ожидающих ремонта.

- 7 Значение и задачи очистки при ремонте машин. Виды и характеристики загрязнений.
- 8 Характеристика моющих средств: органических растворителей и растворяюще-эмульгирующих средств, кислотных и щелочных растворов, синтетических моющих средств. Физико-механические основы моющего действия.
- 9 Классификация способов очистки, применяемое оборудование. Особенности удаления старых лакокрасочных покрытий, нагара, накипи, продуктов коррозии.
- 10 Особенности очистки молочного оборудования, оборудования пищевых и перерабатывающих предприятий, машин и оборудования, работающих с ядохимикатами.
- 11 Использование замкнутого водоснабжения. Регенерация моющих растворов.
- 12 Методы интенсификации и оптимизации технологического процесса очистки. Автоматизация очистки.

5.2.2 Разборка машин и агрегатов. Дефектация деталей. Комплектование деталей

- 1 Конструктивно-сборочные элементы машин. Структурная схема разборки изделий.
- 2 Общие правила разборки. Особенности разборки при обезличенном и необезличенном ремонте машин и оборудования.
- 3 Технологическое оборудование и оснастка. Механизация и автоматизация разборочных работ.
- 4 Классификация дефектов. Требования на дефектацию деталей.
- 5 Методы, средства и последовательность дефектации.
- 6 Методы дефектоскопии: магнитный, ультразвуковой, цветной и другие.
- 7 Контроль пространственной геометрии корпусных деталей.
- 8 Коэффициенты годности, восстановления и сменности деталей. Влияние дефектации на себестоимость и качество ремонта машин.
- 9 Изложите сущность и задачи комплектования. Технические требования на комплектование деталей.
- 10 Определение числа селективных групп при комплектовании деталей. Роль комплектования в повышении качества ремонта машин и оборудования.

5.2.3 Сборка, обкатка и испытание объектов ремонта

- 1 Последовательность и общие правила сборки. Структурная схема сборки изделий.
- 2 Основные требования к сборке резьбовых, прессовых и заклепочных соединений. Механизация и автоматизация сборочных работ.

- 3 Назначение и сущность обкатки агрегатов и машин.
- 4 Испытание отремонтированных машин и оборудования: назначение, режимы, контролируемые параметры.
- 5 Влияние технологии сборки, обкатки и испытания на качество отремонтированных машин и оборудования.
- 6 Назначение балансировки вращающихся деталей и сборочных единиц.
- 7 Статистическая и динамическая балансировка, назначение и области их применения. Используемое оборудование.

5.2.4 Окраска и антикоррозионная обработка машин

- 1 Назначение окраски. Состав лакокрасочных материалов.
- 2 Технология окраски: подготовка поверхности, нанесение покрытий, сушка окрашенной поверхности.
- 3 Методы нанесения и сушки лакокрасочных материалов, их преимущества и недостатки.
- 4 Контроль качества окраски.

5.2.5 Основные понятия и классификация способов восстановления

- 1 Восстановление стальных деталей ручной дуговой сваркой и наплавкой. Характеристика стали по свариваемости и сварочных материалов. Выбор электродов и режимов сварки. Сварочное оборудование.
- 2 Сварочные материалы для газовой сварки. Особенности применения различных видов пламени. Режимы и технологические приемы газовой сварки. Преимущества и недостатки дуговой и газовой сварки.
- 3 Особенности сварки чугунных деталей и деталей из алюминиевых сплавов. «Горячая» и «холодная» сварка чугунных деталей: отжигающими валиками, косвенной дугой, с применением стальных шпилек, порошковыми и самозащитными проволоками.
- 4 Методы восстановления посадок деталей при ремонте машин: без изменения размеров деталей, с изменением размеров деталей, восстановлением до первоначальных размеров, методика расчета числа ремонтных размеров. Классификация способов восстановления деталей.
- 5 Восстановление деталей пластическим деформированием. Сущность способа. Деформирование с нагревом и без нагрева деталей, правка, раздача, обжатие, вытяжка, осадка. Достоинства, недостатки и области применения каждого из способов.
- 6 Дуговая сварка и наплавка: под флюсом, в среде защитных газов, вибродуговая, порошковой проволокой, лентой и др.
- 7 Электроконтактная приварка ленты, проволоки и порошков. Сущность и особенности применения электрошлаковой, индукционной, электронно-лучевой, лазерной сварки и наплавки. Оборудование, наплавочные материалы, флюсы.

- 8 Влияние режимов и наплавочных материалов на качество наплавленного слоя. Характерные дефекты при сварке и наплавке, методы их устранения, пути повышения качества и производительности наплавки.
- 9 Восстановление деталей напылением. Сущность процесса. Способы напыления: дуговой, газопламенный, плазменный, детонационный; область их применения, достоинства и недостатки. Технология нанесения покрытий.
- 10 Пути повышения сцепляемости напыленных покрытий. Свойства напыленных покрытий. Оборудование и материалы. Контроль качества напыляемых покрытий.
- 11 Восстановление деталей электролитическими покрытиями. Электролитическое нанесение металлов, сущность процесса. Общая схема технологического процесса нанесения электролитических покрытий.
- 12 Хромирование, железнение, цинкование и алитирование: применяемое оборудование, составы электролитов, режимы осаждения покрытий. Применение асимметричного тока при электролитическом осаждении металлов.
- 13 Нанесение композиционных покрытий. Особенности технологии нанесения различных металлов. Достоинства и недостатки каждого вида покрытий, области их применения. Способы нанесения покрытий: ванный и безванный.
- 14 Контроль качества покрытий. Охрана окружающей среды.
- 15 Восстановление деталей полимерными материалами. Виды полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, их физико-механические свойства. Способы и технологии нанесения полимерных материалов, их сущность, особенности и области применения.
- 16 Технология устранения дефектов: заделка трещин, склеивание, восстановление неподвижных соединений, выравнивание неровностей, герметизация неподвижных разъемных соединений. Контроль качества покрытий и склеивания. Применяемое оборудование. Достоинства и недостатки применения полимерных материалов при ремонте машин.
- 17 Пайка и область ее применения. Виды пайки, типы припоев и флюсов. Особенности технологии пайки твердыми и мягкими припоями. Применяемые инструменты.
- 18 Заделка трещин штифтованием, фигурными вставками. Ремонт резьбовых соединений постановкой спиральных вставок и другими способами.
- 19 Электроискровое и диффузионное наращивание металла.
- 20 Заливка жидким металлом, намораживание металла. Нанесение металлокерамических покрытий с целью восстановления и упрочнения поверхностей деталей.

5.2.6 Ремонт двигателей

- 1 Ремонт блоков цилиндров.
- 2 Ремонт гильз цилиндров.
- 3 Ремонт коленчатых валов и подшипников.
- 4 Ремонт шатунно-поршневого комплекта.
- 5 Ремонт механизма газораспределения.
- 6 Ремонт топливной аппаратуры.
- 7 Ремонт форсунок.
- 8 Ремонт сборочных комплектов системы смазки.
- 9 Ремонт сборочных комплектов системы охлаждения.

5.2.7 Ремонт трансмиссии и ходовой части автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин. Ремонт рам, кабин и элементов оперения сельскохозяйственной техники

- 1 Ремонт трансмиссии автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин.
- 2 Ремонт ходовой части автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин.
- 3 Ремонт рам сельскохозяйственной техники.
- 4 Ремонт кабин и элементов оперения сельскохозяйственной техники.

5.2.8 Ремонт электрооборудования

- 1 Ремонт электросилового оборудования. Характерные неисправности электродвигателей, генераторов, выпрямителей, сварочных трансформаторов, причины их возникновения и способы определения.
- 2 Технология ремонта электрических машин и трансформаторов.
- 3 Испытание отремонтированных машин и трансформаторов, технические требования. Применяемое оборудование.

При ответах на теоретические вопросы рекомендуется использовать следующую литературу:

1 Аполлонский, С.М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс] / С.М. Аполлонский, Ю.В. Куклев. – СПб.: Лань, 2011. – 304 с.

2 Пучин, Е.А. Надежность технических систем [Электронный ресурс] / Е.А. Пучин, Е.А. Лисунов, А.В. Чепурин и др. – М.: КолосС, 2010. – 318 с.

3 Пучин, Е.А. Технология ремонта машин: учебник для вузов [Текст] / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.: ил.

4 Малафеев, С.И., Надежность технических систем Примеры и задачи [Электронный ресурс] / С.И.Малафеев, А.И.Копейкин. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.

5 Малкин, В.С. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст]: учеб. пособ. для студ. вузов, обучающихся по направ. 280100 «Безопасность жизнедеятельности» / В.С. Малкин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 432 с.

6 Малкин, В.С. Техническая диагностика [Электронный ресурс] / В.С. Малкин. – СПб.: Лань, 2013. – 272 с.

7 Махутов, А.А. Надежность машин [Электронный ресурс]. – Иркутск: ИрГСХА, 2011. – 192 с.

8 Нуйкин, А.А. Эксплуатация и ремонт двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.А. Нуйкин. – Пенза: ПензаАГРОТЕХсервис, 2006. – 200 с.

9 Табашников, А.Т. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники [Текст] / под ред. А.Т. Табашникова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 188 с.

10 Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) [Текст] / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: Росинформагротех, 2010. – 376 с.

11 Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: Учебник для студентов высших учебных заведений [Текст] / В.Ю. Шишмарев. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.

12 Яхьяев, Н.Я. Основы теории надежности и диагностика: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» [Текст] / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.

Список использованных источников

- 1 Пучин, Е.А. Надежность технических систем [Электронный ресурс] / Е.А. Пучин, Е.А. Лисунов, А.В. Чепурин и др. – М.: КолосС, 2010. – 318 с.
- 2 Пучин, Е.А. Технология ремонта машин: учебник для вузов [Текст] / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.: ил.
- 3 Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) [Текст] / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: Росинформагротех, 2010. – 376 с.
- 4 Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: учебник для студентов высших учебных заведений [Текст] / В.Ю. Шишмарев. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.
- 5 Яхьяев, Н.Я. Основы теории надежности и диагностика: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» [Текст] / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.

Приложение А – Справочные данные

Таблица А.1 – Коэффициент Ирвина

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

Таблица А.2 – Дифференциальная функция закона нормального распределения

$$f_0 \left(\frac{t_{ci} - \bar{t}}{\sigma} \right)$$

$f_0 \left(\frac{t_{ci} - \bar{t}}{\sigma} \right)$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,1	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
0,2	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38
0,3	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37
0,4	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35
0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
0,6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
0,7	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29
0,8	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0,9	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24
1,0	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
1,1	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
1,2	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17
1,3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
1,4	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
1,5	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
1,6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1,7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
1,8	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
1,9	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
2,0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
2,2	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
2,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2,5	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
2,6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2,8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица А.3 – Интегральная функция закона нормального распределения

$$F\left(\frac{t_{ki}-\bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ki}-\bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki}-\bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki}-\bar{t}}{\sigma}$	F	Δ
0	0,5000	40	-0,44	0,3300	36	-0,88	0,1894	27
-0,01	4960	40	-0,45	3264	36	-0,89	1867	26
-0,02	4920	40	-0,46	3228	36	-0,90	1841	27
-0,03	4880	40	-0,47	3192	36	-0,91	1814	26
-0,04	4840	39	-0,48	3156	36	-0,92	1788	26
-0,05	4801	40	-0,49	3121	36	-0,93	1762	26
-0,06	4761	40	-0,50	3085	35	-0,94	1736	25
-0,07	4721	40	-0,51	3050	35	-0,95	1711	26
-0,08	4681	40	-0,52	3015	34	-0,96	1685	25
-0,09	4641	39	-0,53	2981	35	-0,97	1660	25
-0,10	4602	40	-0,54	2946	34	-0,98	1635	24
-0,11	4562	40	-0,55	2912	35	-0,99	1611	24
-0,12	4522	39	-0,56	2877	34	-1,00	1587	24
-0,13	4483	40	-0,57	2843	33	-1,01	1563	24
-0,14	4443	39	-0,58	2810	34	-1,02	1539	24
-0,15	4404	40	-0,59	2776	33	-1,03	1515	23
-0,16	4364	39	-0,60	2743	34	-1,04	1492	23
-0,17	4325	39	-0,61	2709	33	-1,05	1469	23
-0,18	4286	39	-0,62	2676	33	-1,06	1446	23
-0,19	4247	40	-0,63	2643	32	-1,07	1423	22
-0,20	4207	39	-0,64	2611	33	-1,08	1401	22
-0,21	4168	39	-0,65	2578	32	-1,09	1379	22
-0,22	4129	39	-0,66	2546	32	-1,10	1357	22
-0,23	4090	38	-0,67	2514	31	-1,11	1335	21
-0,24	4052	39	-0,68	2483	32	-1,12	1314	22
-0,25	4013	39	-0,69	2451	31	-1,13	1292	21
-0,26	3974	38	-0,70	2420	31	-1,14	1271	20
-0,27	3936	39	-0,71	2389	31	-1,15	1251	21
-0,28	3897	38	-0,72	2358	31	-1,16	1230	20
-0,29	3859	38	-0,73	2327	30	-1,17	1210	20
-0,30	3821	38	-0,74	2297	31	-1,18	1190	20
-0,31	3783	38	-0,75	2266	30	-1,19	1170	19
-0,32	3745	38	-0,76	2236	30	-1,20	1151	20
-0,33	3707	38	-0,77	2206	29	-1,21	1131	19
-0,34	3669	37	-0,78	2177	29	-1,22	1112	19
-0,35	3632	38	-0,79	2148	29	-1,23	1093	18
-0,36	3594	37	-0,80	2119	29	-1,24	1075	19
-0,37	3557	37	-0,81	2090	29	-1,25	1056	18
-0,38	3520	37	-0,82	2061	28	-1,26	1038	18
-0,39	3483	37	-0,83	2033	28	-1,27	1020	17
-0,40	3446	37	-0,84	2005	28	-1,28	1003	18
-0,41	3409	37	-0,85	1977	28	-1,29	0985	17
-0,42	3372	36	-0,86	1949	27	-1,30	0968	17
-0,43	3336	36	-0,87	1922	28	-1,31	0951	17
-1,32	0934	16	-1,86	0314	7	0,20	5793	39
-1,33	0918	17	-1,87	0307	6	0,21	5832	39
-1,34	0901	16	-1,88	0301	7	0,22	5871	39

Продолжение таблицы А.3

$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ
-1,35	0885	16	-1,89	0294	6	0,23	5910	38
-1,36	0869	16	-1,90	0288	7	0,24	5948	39
-1,37	0853	15	-1,91	0281	7	0,25	5987	39
-1,38	0838	15	-1,92	0274	6	0,26	6026	38
-1,39	0823	15	-1,93	0268	6	0,27	6064	39
-1,41	0808	15	-1,94	0262	6	0,28	6103	38
-1,41	0793	15	-1,95	0256	6	0,29	6141	38
-1,42	0778	14	-1,96	0250	6	0,30	6179	38
-1,43	0764	15	-1,97	0244	5	0,31	6217	38
-1,44	0749	14	-1,98	0239	6	0,32	6255	38
-1,45	0735	14	-1,99	0233	5	0,33	6293	38
-1,46	0721	13	-2,00	0228	49	0,34	6331	37
-1,47	0708	14	-2,10	0179	40	0,35	6368	38
-1,48	0694	13	-2,20	0139	32	0,36	6406	37
-1,49	0681	13	-2,30	0107	25	0,37	6443	37
-1,50	0668	13	-2,40	0082	20	0,38	6480	37
-1,51	0655	12	-2,50	0062	15	0,39	6517	37
-1,52	0643	13	-2,60	0047	12	0,40	6554	37
-1,53	0630	12	-2,70	0035	9	0,41	6591	37
-1,54	0618	12	-2,80	0026	7	0,42	6628	36
-1,55	0606	12	-2,90	0019	5	0,43	6664	36
-1,56	0594	12	-3,00	0014	4	0,44	6700	36
-1,57	0582	11	-3,10	0010	3	0,45	6736	36
-1,58	0571	12	-3,20	0007	2	0,46	6772	36
-1,59	0559	11	-3,30	0005	2	0,47	6808	36
-1,60	0548	11	-3,40	0003	1	0,48	6844	35
-1,61	0537	11	-3,50	0002	0	0,49	6879	36
-1,62	0526	10	-3,60	0002	1	0,50	6915	35
-1,63	0516	11	-3,70	0001	0	0,51	6950	35
-1,64	0505	10	-3,80	0001	1	0,52	6985	34
-1,65	0495	10	-3,90	0000	0	0,53	7019	35
-1,66	0485	10	0,00	5000	40	0,54	7054	34
-1,67	0475	10	0,01	5040	40	0,55	7088	35
-1,68	0465	10	0,02	5080	40	0,56	7123	34
-1,69	0455	9	0,03	5120	40	0,57	7157	33
-1,70	0446	10	0,04	5160	39	0,58	7190	34
-1,71	0436	9	0,05	5199	40	0,59	7224	33
-1,72	0427	9	0,06	5239	40	0,60	7257	34
-1,73	0418	9	0,07	5279	40	0,61	7291	33
-1,74	0409	8	0,08	5319	40	0,62	7324	33
-1,75	0401	9	0,09	5359	39	0,63	7357	32
-1,76	0392	8	0,10	5398	40	0,64	7389	33
-1,77	0384	9	0,11	5438	40	0,65	7422	32
-1,78	0375	8	0,12	5478	39	0,66	7454	32
-1,79	0367	8	0,13	5517	40	0,67	7486	31
-1,80	0359	8	0,14	5557	39	0,68	7517	32
-1,81	0351	7	0,15	5596	40	0,69	7549	31
-1,82	0344	8	0,16	5636	39	0,70	7580	31

Продолжение таблицы А.3

$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ	$\frac{t_{ki} - \bar{t}}{\sigma}$	F	Δ
-1,83	0336	7	0,17	5675	39	0,71	7611	31
-1,84	0329	7	0,18	5714	39	0,72	7642	31
-1,85	0322	8	0,19	5753	40	0,73	7673	30
0,74	7703	31	1,23	8907	18	1,72	9573	13
0,75	7734	30	1,24	8925	19	1,73	9582	12
0,76	7764	30	1,25	8944	18	1,74	9591	12
0,77	7794	29	1,26	8962	18	1,75	9599	12
0,78	7823	29	1,27	8980	17	1,76	9608	12
0,79	7852	29	1,28	8997	18	1,77	9616	11
0,80	7881	29	1,29	9015	17	1,78	9625	12
0,81	7910	29	1,30	9032	17	1,79	9633	11
0,82	7939	28	1,31	9049	17	1,80	9641	11
0,83	7967	28	1,32	9066	16	1,81	9649	11
0,84	7995	28	1,33	9082	17	1,82	9656	10
0,85	8023	28	1,34	9099	16	1,83	9664	11
0,86	8051	27	1,35	9115	16	1,84	9671	10
0,87	8078	28	1,36	9131	16	1,85	9678	10
0,88	8106	27	1,37	9147	15	1,86	9686	10
0,89	8133	26	1,38	9162	15	1,87	9693	10
0,90	8159	27	1,39	9177	15	1,88	9699	10
0,91	8212	26	1,40	9192	15	1,89	9706	9
0,92	8238	26	1,41	9207	15	1,90	9713	6
0,93	8264	25	1,42	9222	14	1,91	9719	7
0,94	8289	26	1,43	9236	15	1,92	9726	6
0,95	8315	25	1,44	9251	14	1,93	9732	6
0,96	8340	25	1,45	9265	14	1,94	9738	6
0,97	8365	24	1,46	9279	13	1,95	9744	6
0,98	8389	24	1,47	9292	14	1,96	9750	6
0,99	8413	24	1,48	9306	13	1,97	9756	5
1,00	8437	24	1,49	9319	13	1,98	9761	6
1,01	8461	24	1,50	9332	17	1,99	9767	5
1,02	8485	23	1,51	9345	17	2,00	9772	49
1,03	8508	23	1,52	9357	16	2,10	9821	40
1,04	8531	23	1,53	9370	17	2,20	9861	32
1,05	8554	23	1,54	9382	16	2,30	9893	25
1,06	8577	22	1,55	9394	16	2,40	9919	20
1,07	8599	22	1,56	9406	16	2,50	9938	15
1,08	8621	22	1,57	9418	15	2,60	9954	12
1,09	8186	26	1,58	9429	15	2,70	9965	9
1,10	8643	22	1,59	9441	15	2,80	9974	7
1,11	8665	21	1,60	9452	15	2,90	9981	5
1,12	8686	22	1,61	9463	15	3,00	9986	4
1,13	8708	21	1,62	9474	14	3,10	9990	3
1,14	8729	20	1,63	9484	15	3,20	9993	2
1,15	8749	21	1,64	9495	14	3,30	9995	2
1,16	8770	20	1,65	9505	14	3,40	9997	1
1,17	8790	20	1,66	9515	13	3,50	9998	0
1,18	8810	20	1,67	9525	14	3,60	9998	1
1,19	8830	19	1,68	9535	13	3,70	9999	0
1,20	8849	20	1,69	9545	13	3,80	9999	1
1,21	8869	19	1,70	9554	13	3,90	1,0000	0
1,22	8888	19	1,71	9564	12			

Таблица А.4 – Параметры и коэффициенты распределения Вейбулла

V	b	K _в	C _в	V	b	K _в	C _в	V	b	K _в	C _в
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1,26	0,80	1,13	1,43	0,55	1,90	0,89	0,49	0,36	3,00	0,89	0,33
1,11	0,90	1,07	1,20	0,52	2,00	0,89	0,46	0,35	3,10	0,89	0,32
1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	2,10	0,89	0,44	0,34	3,20	0,90	0,31
0,91	1,10	0,97	0,88	0,48	2,20	0,89	0,43	0,33	3,30	0,90	0,30
0,84	1,20	0,94	0,79	0,46	2,30	0,89	0,41	0,33	3,40	0,90	0,29
0,78	1,30	0,92	0,72	0,44	2,40	0,89	0,39	0,32	3,50	0,90	0,29
0,72	1,40	0,91	0,66	0,43	2,50	0,89	0,38	0,31	3,60	0,90	0,28
0,68	1,50	0,90	0,61	0,41	2,60	0,89	0,37	0,30	3,70	0,90	0,27
0,64	1,60	0,90	0,57	0,40	2,70	0,89	0,35	0,29	3,80	0,90	0,27
0,61	1,70	0,89	0,54	0,39	2,80	0,89	0,34	0,29	3,90	0,91	0,26
0,58	1,80	0,89	0,51	0,38	2,90	0,89	0,34	0,28	4,00	0,91	0,25

Таблица А.5 – Дифференциальная функция (функция плотности вероятности) закона распределения Вейбулла $af\left(\frac{t_{ci}-t_{cm}}{a}\right)$

$\left(\frac{t_{ci} - t_{cm}}{a}\right)$	b						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
0,1	0,91	0,71	0,54	0,39	0,28	0,20	0,03
0,2	0,82	0,75	0,66	0,57	0,47	0,38	0,12
0,3	0,74	0,75	0,72	0,67	0,61	0,55	0,26
0,4	0,67	0,72	0,74	0,73	0,71	0,68	0,45
0,5	0,61	0,68	0,73	0,76	0,78	0,78	0,66
0,6	0,55	0,63	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87
0,7	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86	1,04
0,8	0,45	0,53	0,62	0,70	0,77	0,84	1,15
0,9	0,41	0,49	0,57	0,65	0,72	0,80	1,17
1,0	0,37	0,44	0,52	0,59	0,66	0,74	1,10
1,1	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59	0,66	0,96
1,2	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,57	0,77
1,3	0,27	0,32	0,37	0,41	0,45	0,48	0,56
1,4	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,39	0,38
1,5	0,22	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,23
1,6	0,20	0,23	0,25	0,25	0,26	0,25	0,13
1,7	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,06
1,8	0,17	0,18	0,18	0,16	0,16	0,14	0,03
1,9	0,15	0,16	0,16	0,14	0,13	0,10	0,01
2,0	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,07	0,00
2,1	0,12	0,12	0,15	0,09	0,07	0,05	0,00

Продолжение таблицы А.5

$\left(\frac{t_{ci} - t_{cm}}{a}\right)$	<i>b</i>						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
2,2	0,11	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	—
2,3	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02	—
2,4	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	—
2,5	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	—

Таблица А.6 – Интегральная функция закона распределения Вейбулла

$F\left(\frac{t_{ki} - t_{cm}}{a}\right)$

$\frac{t_{ki} - t_{cm}}{a}$	<i>b</i>															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
0,1	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,2	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
0,3	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
0,4	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
0,5	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17
0,6	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25
0,7	0,52	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35
0,8	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,45	0,44
0,9	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,53	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,72
1,2	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79
1,3	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84	0,85
1,4	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89
1,5	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93
1,6	0,78	0,80	0,81	0,80	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
1,7	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97
1,8	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
1,9	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
2,0	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
2,1	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
2,2	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
2,3	0,88	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,4	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,5	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,6	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,7	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,8	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,9	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,0	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,5	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,0	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Продолжение таблицы А.6

$t_{ki} - t_{cm}$	В																
	а	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,3	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
0,4	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
0,5	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
0,6	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
0,7	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,21
0,8	0,44	0,43	0,42	0,41	0,41	0,40	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34
0,9	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77
1,2	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87
1,3	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94
1,4	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
1,5	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1,6	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,7	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,8	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,9	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица А.7 – Значение критерия согласия К. Пирсона

Число степеней свободы r	Значение $P(\chi^2)$ при α						
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,95	0,99
1	0,016	0,148	0,455	1,07	2,71	3,84	6,63
2	0,211	0,713	1,39	2,41	4,61	5,99	9,21
3	0,594	1,42	2,37	3,67	6,25	7,81	11,3
4	1,06	2,19	3,36	4,88	7,78	9,49	13,3
5	1,61	3,00	4,35	6,06	9,24	11,1	15,1
6	2,20	3,83	5,35	7,23	10,6	12,6	16,8
7	2,83	4,67	5,35	8,38	12,0	14,1	18,5
8	3,49	5,53	7,34	9,52	13,4	15,5	20,1
9	4,17	6,39	8,34	10,7	14,7	16,9	21,7
10	4,87	7,27	9,34	11,8	16,0	18,3	23,2
11	5,58	8,15	10,3	12,9	17,3	19,7	24,7
12	6,30	9,03	11,3	14,0	18,5	21,0	26,2
13	7,04	9,43	12,3	15,1	19,8	22,4	27,7
14	7,79	10,08	13,3	16,2	21,1	23,7	29,1
15	8,55	11,70	14,3	17,3	22,3	25,0	30,6

Продолжение таблицы А.7

Число степеней свободы r	Значение $P(\chi^2)$ при α						
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,95	0,99
16	9,31	12,6	15,3	18,4	23,5	26,3	32,0
17	10,10	13,5	16,3	19,5	24,0	27,6	33,4
18	10,9	14,4	17,3	20,6	26,0	28,9	34,8
19	11,7	15,4	18,3	21,7	27,2	30,1	36,2
20	12,4	16,3	19,3	22,8	28,4	31,4	37,6
21	13,2	17,2	20,3	23,9	29,6	32,7	38,9
22	14,0	18,1	21,3	24,9	30,8	33,9	40,3
23	14,8	19,0	22,3	26,0	32,0	35,2	41,7
24	15,7	19,9	23,3	27,1	33,2	36,4	43,0
25	16,5	20,9	24,3	28,2	34,4	37,7	44,3
26	17,3	21,8	25,3	29,2	35,6	38,9	45,6
27	18,1	22,7	26,3	30,3	36,7	40,1	47,0
28	18,9	23,6	27,3	31,4	37,9	41,3	48,3
29	19,8	24,6	28,3	32,5	39,1	42,6	49,6
30	20,6	25,5	29,3	33,5	40,3	43,8	50,9

Таблица А.8 – Коэффициенты t_a , r_1 и r_3 для двусторонних доверительных границ

N	$\alpha = 0,80$			$\alpha = 0,90$			$\alpha = 0,95$		
	t_a	r_1	r_3	t_a	r_1	r_3	t_a	r_1	r_3
3	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,42
4	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,46
5	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,49
6	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,78	2,72	0,51
7	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,56
9	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,88	0,62
14	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63
15	1,35	1,46	0,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72

Продолжение таблицы А.8

N	$\alpha = 0,80$			$\alpha = 0,90$			$\alpha = 0,95$		
	t_a	r_1	r_3	t_a	r_1	r_3	t_a	r_1	r_3
40	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

Таблица А.9 – Квантили закона распределения Вейбулла H_K^B

$1 \pm \alpha$	B															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,22	0,27	0,31
0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42
0,05	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48
0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52
0,10	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,41	0,47	0,53	0,57
0,15	0,14	0,17	0,19	0,23	0,25	0,29	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63
0,20	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,55	0,61	0,65	0,69
0,25	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,61	0,66	0,70	0,73
0,30	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,66	0,71	0,75	0,77
0,35	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,71	0,75	0,79	0,81
0,40	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85
0,45	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88
0,50	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91
0,55	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95
0,60	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
0,65	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
0,70	1,23	1,20	1,18	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05
0,75	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,14	1,11	1,10	1,09
0,80	1,70	1,61	1,54	1,49	1,44	1,41	1,37	1,35	1,32	1,30	1,29	1,27	1,21	1,17	1,15	1,13
0,85	2,11	1,96	1,84	1,74	1,67	1,61	1,55	1,51	1,47	1,45	1,32	1,39	1,31	1,25	1,21	1,18
0,90	2,53	2,30	2,13	2,00	1,90	1,81	1,74	1,68	1,63	1,59	1,55	1,52	1,40	1,32	1,27	1,23
0,93	2,96	2,66	2,43	2,26	2,12	2,01	1,92	1,84	1,78	1,72	1,67	1,63	1,48	1,39	1,32	1,28
0,95	3,38	3,00	2,71	2,49	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,78	1,73	1,55	1,44	1,37	1,32
0,97	4,03	3,51	3,13	2,84	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,01	1,94	1,87	1,65	1,52	1,43	1,37
0,99	5,46	4,60	4,01	3,57	3,24	2,98	2,77	2,60	2,46	2,34	2,23	2,15	1,84	1,66	1,55	1,46

Приложение Б – Образец оформления титульного листа
(Обязательное)

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»
Инженерный факультет

Кафедра «Технический сервис»

Контрольная работа по дисциплине
«Надежность технических систем»
Индивидуальное задание № _____

Выполнил: студент заочной
формы обучения по направлению
35.03.06 «Агроинженерия», профиль
«Технический сервис в АПК»
группы ЗОИ – 52
Учебный шифр _____
Иванов Иван Иванович
Подпись _____
Дата сдачи « __ » _____ 201__ г.

Проверил: ассистент
Звание, научная степень преподавателя
Вашурина Мария Александровна
Фамилия, имя, отчество преподавателя
Отметка _____
Подпись _____
Дата проверки « __ » _____ 201__ г.

Ярославль
2015

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»
Инженерный факультет

Кафедра «Технический сервис»

Контрольная работа по дисциплине
«Надежность и ремонт машин»
Индивидуальное задание № _____

Выполнил: студент заочной
формы обучения по направлению
35.03.06 «Агроинженерия», профиль
«Машины и оборудование в
агробизнесе» группы ЗОИ – 43
Учебный шифр _____
Иванов Иван Иванович
Подпись _____
Дата сдачи « __ » _____ 201__ г.

Проверил: ассистент
Звание, научная степень преподавателя
Вашурина Мария Александровна
Фамилия, имя, отчество преподавателя
Отметка _____
Подпись _____
Дата проверки « __ » _____ 201__ г.

Ярославль
2015

Приложение В – Индивидуальные задания для выполнения задачи

Таблица В.1 – Размеры по износам деталей тракторов и автомобилей отечественной техники, мм *

№	Варианты задания															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5,53	7,69	3,35	6,91	6,71	8,35	5,48	3,64	8,45	9,18	7,25	4,69	9,53	5,66	4,39	8,16
2	5,16	7,15	3,60	6,32	5,94	7,87	5,12	3,67	8,12	8,43	6,75	4,16	9,78	5,19	3,67	6,60
3	5,58	7,75	3,57	6,97	6,56	8,43	5,53	3,97	8,35	9,24	7,30	4,76	9,76	5,74	4,45	6,67
4	5,48	7,63	3,42	6,84	6,54	8,26	5,43	3,96	8,34	9,09	7,20	4,62	9,62	5,62	4,32	6,75
5	5,60	7,79	3,86	6,99	6,24	8,45	5,56	3,75	8,18	9,27	7,32	4,79	9,94	5,76	4,49	6,63
6	5,35	7,43	3,75	6,64	6,77	8,11	5,28	4,18	8,53	8,75	6,98	4,42	9,87	5,42	3,99	6,71
7	5,33	7,39	3,51	6,63	6,36	8,08	5,27	4,12	8,26	8,73	6,97	4,39	9,69	5,36	3,98	6,98
8	5,23	7,25	3,40	6,46	6,16	7,96	5,18	3,89	8,16	8,52	6,84	4,26	9,57	5,24	3,84	6,79
9	5,46	7,58	3,27	6,79	5,85	8,21	5,41	3,72	8,06	9,05	7,16	4,58	9,39	5,55	4,25	6,91
10	5,51	7,65	3,41	6,86	6,22	8,33	5,46	3,62	8,17	9,14	7,22	4,66	9,59	5,64	4,36	6,54
11	5,41	7,53	3,24	6,75	5,83	8,17	5,36	3,73	8,02	8,91	7,13	4,52	9,36	5,52	4,15	6,56
12	5,52	7,68	3,26	6,89	5,84	8,34	5,47	3,58	8,04	9,15	7,23	4,68	9,38	5,65	4,38	6,85
13	5,55	7,73	3,49	6,93	6,32	8,36	5,51	3,61	8,25	9,19	7,26	4,72	9,68	5,72	4,41	6,97
14	5,30	7,34	3,89	6,58	6,78	8,04	5,23	3,86	8,54	8,62	6,91	4,33	9,97	5,33	3,95	6,64
15	5,21	7,23	3,72	6,41	6,67	7,93	5,16	4,19	8,43	8,49	6,79	4,22	9,83	5,22	3,75	7,04
16	5,11	7,08	3,31	6,22	5,92	7,80	5,06	4,03	8,08	8,34	6,67	4,08	9,47	5,13	3,55	7,02
17	5,50	7,64	3,38	6,85	5,82	8,32	5,44	3,57	8,01	9,13	7,21	4,63	9,35	5,63	4,33	6,89
18	5,22	7,24	3,84	6,45	5,93	7,95	5,17	3,66	8,11	8,51	6,81	4,23	9,51	5,23	3,80	6,77
19	5,09	7,04	3,55	6,09	6,27	7,76	5,02	3,80	8,19	8,32	6,63	4,03	9,64	5,08	3,51	6,96
20	5,10	7,05	3,62	6,16	6,73	7,78	5,04	4,16	8,46	8,33	6,64	4,06	9,89	5,12	3,52	8,15
21	5,28	7,33	3,52	6,56	5,96	8,01	5,22	3,71	8,14	8,60	6,89	4,32	9,56	5,32	3,92	7,09
22	5,47	7,59	3,73	6,81	6,75	8,25	5,42	4,17	8,52	9,08	7,18	4,59	9,91	5,56	4,29	7,06
23	5,39	7,48	3,46	6,71	6,47	8,14	5,33	3,94	8,33	8,86	7,10	4,48	9,74	5,45	4,11	6,86
24	5,59	7,78	3,28	6,98	6,58	8,44	5,54	3,98	8,36	9,25	7,31	4,78	9,79	5,75	4,47	8,07
25	5,14	7,13	3,67	6,27	6,39	7,83	5,08	3,92	8,32	8,36	6,71	4,12	9,73	5,17	3,60	8,18
26	5,57	7,74	3,37	6,96	6,69	8,42	5,52	4,06	8,44	9,23	7,28	4,73	9,85	5,73	4,43	6,58
27	5,08	7,03	3,23	6,01	6,28	7,75	5,01	3,84	8,21	8,26	6,61	4,02	9,66	5,07	3,49	8,10
28	5,15	7,14	3,33	6,28	5,86	7,85	5,11	3,63	8,07	8,42	6,73	4,13	9,43	5,18	3,62	6,93
29	5,25	7,28	3,44	6,47	6,60	7,98	5,19	4,01	8,42	8,55	6,85	4,28	9,81	5,25	3,86	8,19
30	5,43	7,54	3,80	6,77	5,95	8,18	5,37	3,68	8,13	8,94	7,14	4,53	9,55	5,53	4,18	8,09
31	5,20	7,19		6,39		7,91	5,14			8,45	6,78	4,19		5,21	3,73	7,00
32	5,45	7,55		6,78		8,19	5,38			8,97	7,15	4,56		5,54	4,21	6,61
33	5,32	7,38		6,61		8,07	5,26			8,72	6,96	4,38		5,35	3,97	8,05
34	5,36	7,44		6,67		8,12	5,31			8,80	7,08	4,43		5,43	4,05	8,01
35	5,31	7,35		6,60		8,06	5,24			8,67	6,93	4,36		5,34	3,96	6,81
36	5,40	7,49		6,73		8,16	5,34			8,89	7,11	4,49		5,46	4,13	6,99
37	5,26	7,29		6,54		7,99	5,21			8,57	6,86	4,29		5,26	3,89	6,84
38	5,13	7,09		6,24		7,81	5,07			8,35	6,69	4,09		5,15	3,57	6,78
39	5,37	7,45		6,69		8,13	5,32			8,84	7,09	4,46		5,44	4,09	6,69
40	5,18	7,18		6,36		7,89	5,13			8,44	6,77	4,18		5,20	3,72	6,73

Продолжение таблицы В.1

№	Варианты задания															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	4,08	5,87	6,98	5,51	3,82	9,56	8,42	8,61	3,77	4,99	6,11	8,92	8,93	9,69	7,47	6,30
2	4,09	5,31	6,85	4,66	3,84	9,58	8,44	7,80	3,36	4,10	5,26	8,24	7,86	9,02	6,49	6,62
3	3,83	5,36	6,93	4,73	3,89	9,64	8,51	7,87	3,42	4,21	5,33	8,35	7,98	9,08	6,56	6,64
4	3,40	5,41	7,08	4,81	3,97	9,73	8,60	7,95	3,51	4,33	5,42	8,44	8,06	9,15	6,63	6,24
5	3,87	5,34	6,89	4,69	3,87	9,61	8,48	7,84	3,40	4,17	5,31	8,33	7,95	9,04	6,53	6,36
6	3,58	5,39	6,97	4,78	3,94	9,68	8,55	7,91	3,46	4,29	5,35	8,42	8,01	9,13	6,60	6,32
7	3,65	5,59	7,25	5,13	4,29	10,05	9,05	8,19	3,61	4,64	5,69	8,79	8,42	9,57	6,94	6,57
8	3,75	5,46	7,11	4,87	4,03	9,78	8,72	7,99	3,57	4,39	5,45	8,51	8,11	9,23	6,69	6,58
9	3,98	5,53	7,20	5,04	4,19	9,93	8,89	8,14	3,45	4,53	5,56	8,67	8,33	9,36	6,85	6,33
10	3,81	5,25	6,79	4,59	3,80	9,52	8,40	7,62	3,31	4,02	5,16	8,12	7,77	8,99	6,41	6,39
11	3,97	5,27	6,81	4,62	3,81	9,54	8,41	7,65	3,32	4,04	5,18	8,16	7,80	9,00	6,42	6,45
12	3,77	5,50	7,15	4,94	4,16	9,84	8,80	8,06	3,65	4,45	5,53	8,57	8,14	9,27	6,75	6,60
13	3,80	5,58	7,23	5,09	4,27	10,00	8,97	8,18	3,59	4,63	5,67	8,77	8,36	9,51	6,91	6,27
14	3,94	5,35	6,91	4,72	3,86	9,62	8,49	7,85	3,41	4,18	5,32	8,34	7,96	9,05	6,54	6,43
15	4,00	5,67	7,31	5,24	4,41	10,21	9,15	8,32	3,73	4,79	5,77	8,89	8,49	9,67	7,13	6,15
16	4,02	5,63	7,30	5,22	4,38	10,16	9,12	8,26	3,71	4,77	5,75	8,88	8,45	9,63	7,09	6,22
17	3,89	5,52	7,18	5,03	4,18	9,91	8,86	8,13	3,43	4,49	5,55	8,62	8,32	9,33	6,83	6,53
18	4,04	5,43	7,09	4,83	3,98	9,74	8,62	7,96	3,52	4,36	5,43	8,45	8,07	9,18	6,64	6,68
19	3,79	5,57	7,22	5,08	4,26	9,99	8,94	8,17	3,55	4,62	5,60	8,75	8,35	9,46	6,89	6,59
20	3,73	5,85	7,32	5,46	4,43	10,26	9,18	8,59	3,68	4,98	6,09	8,84	8,91	9,61	7,43	6,41
21	3,52	5,72	7,16	5,28	4,17	9,86	8,84	8,34	3,34	4,85	5,86	8,28	8,52	9,03	7,20	6,55
22	3,55	5,69	6,84	5,27	4,23	9,95	8,91	8,33	3,67	4,83	5,78	8,20	8,51	9,01	7,14	6,49
23	3,72	5,51	7,21	4,97	4,35	10,12	9,09	8,12	3,38	4,47	5,54	8,60	8,26	9,29	6,77	6,52
24	3,69	5,79	7,28	5,39	3,85	9,60	8,46	8,45	3,49	4,91	5,96	8,72	8,64	9,41	7,35	6,17
25	3,92	5,89	6,86	5,55	4,06	9,79	8,73	8,63	3,60	5,03	6,15	8,52	8,95	9,24	7,56	5,51
26	3,61	5,28	7,13	4,63	4,31	10,07	9,08	7,68	3,62	4,06	5,21	8,82	7,85	9,59	6,46	6,13
27	3,84	5,83	7,26	5,45	4,12	9,82	8,75	8,55	3,62	4,97	6,04	8,55	8,79	9,25	7,42	6,12
28	4,06	5,55	7,14	5,05	4,01	9,76	8,67	8,16	3,55	4,58	5,58	8,49	8,34	9,19	6,87	6,19
29	3,64	5,90	7,10	5,59	3,92	9,66	8,52	8,66	3,44	5,07	6,22	8,36	8,99	9,09	7,58	6,42
30	3,90	5,81	6,96	5,41	3,96	9,69	8,57	8,49	3,49	4,94	5,97	8,43	8,73	9,14	7,39	6,47
31		5,61		5,15				8,25		4,75	5,73		8,44		7,08	
32		5,32		4,68				7,82		4,13	5,28		7,92		6,52	
33		5,75		5,36				8,42		4,89	5,93		8,63		7,28	
34		5,73		5,32				8,37		4,87	5,89		8,59		7,26	
35		5,47		4,89				8,01		4,41	5,46		8,12		6,71	
36		5,60		5,14				8,21		4,70	5,71		8,43		6,97	
37		5,48		4,91				8,04		4,43	5,52		8,13		6,73	
38		5,45		4,85				7,98		4,38	5,44		8,08		6,67	
39		5,37		4,76				7,89		4,25	5,34		7,99		6,58	
40		5,40		4,79				7,93		4,32	5,36		8,04		6,61	

Продолжение таблицы В.1

№	Варианты задания													
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	6,36	0,06	50,10	8,70	50,12	34,99	64,22	39,95	8,58	7,02	50,18	49,70	28,02	13,02
2	6,46	0,16	50,32	8,32	50,20	34,97	64,28	39,99	8,62	6,92	50,24	49,96	28,38	12,90
3	6,90	0,21	50,27	8,40	50,23	34,92	64,55	39,95	8,58	6,50	50,26	49,78	28,26	14,94
4	6,25	0,20	50,19	8,33	50,30	34,82	64,48	39,92	8,54	6,72	50,27	49,85	28,17	14,90
5	7,07	0,02	50,11	8,10	50,35	34,89	64,88	39,98	8,49	6,75	50,18	49,86	28,01	13,92
6	6,31	0,55	50,00	8,79	50,23	34,94	64,72	39,91	8,55	6,95	50,14	49,79	28,21	12,50
7	6,39	0,37	50,31	8,05	50,00	34,98	64,58	40,00	8,67	7,06	50,18	49,90	28,00	12,52
8	6,50	0,23	50,16	8,14	50,30	34,79	65,00	39,99	8,56	7,00	50,00	50,00	28,30	13,00
9	6,68	0,32	50,24	8,29	50,16	34,97	64,45	39,94	8,24	6,70	50,19	49,95	28,10	12,50
10	6,80	0,05	50,22	8,30	50,18	34,95	64,39	39,93	8,26	6,52	50,06	49,78	28,18	13,10
11	6,88	0,08	50,26	8,16	50,20	34,93	64,45	39,96	8,56	6,74	50,01	49,92	28,26	13,06
12	6,80	0,39	50,18	8,50	50,12	34,90	65,00	39,95	8,50	6,72	50,05	49,80	28,03	13,14
13	6,45	0,42	50,12	8,57	50,11	34,79	64,86	39,98	8,62	6,90	50,19	49,84	28,23	13,22
14	6,55	0,14	50,18	8,45	50,15	34,96	64,74	39,98	8,30	6,80	50,13	49,78	28,20	12,55
15	6,61	0,40	50,23	8,35	50,32	34,96	64,54	39,94	8,60	7,04	50,20	49,89	28,42	12,54
16	6,34	0,45	50,21	8,17	50,30	35,00	64,50	39,98	8,48	6,76	50,18	50,15	28,20	13,00
17	6,70	0,13	50,25	8,05	50,21	34,96	64,24	39,96	8,24	6,54	50,20	49,72	28,26	13,04
18	6,50	0,44	50,20	8,00	50,24	34,97	64,29	39,95	8,72	6,71	50,15	49,95	28,15	13,00
19	6,36	0,12	50,30	8,08	50,16	34,88	64,57	39,93	8,52	6,73	50,14	49,77	28,05	14,96
20	6,88	0,42	50,28	8,43	50,39	34,97	64,98	39,94	8,60	6,92	50,28	49,81	28,25	13,98
21	6,40	0,26	50,22	8,40	50,20	34,99	64,84	39,96	8,25	6,64	50,20	49,85	28,30	13,90
22	6,50	0,17	50,26	8,11	50,17	34,93	64,70	39,98	8,62	6,98	50,12	49,76	28,04	12,60
23	6,56	0,45	50,30	8,12	50,40	34,95	64,50	39,96	8,46	6,60	50,21	49,88	28,12	12,56
24	6,87	0,10	50,12	8,52	50,33	34,99	64,50	39,97	8,55	6,70	50,20	50,20	28,20	13,00
25	6,77	0,15	50,14	8,20	50,25	34,90	64,43	39,92	8,71	6,61	50,17	49,98	28,25	12,60
26	6,51	0,18	50,29	8,20	50,21	34,99	64,35	39,98	8,20	6,71	50,20	49,74	28,07	13,12
27	6,40	0,55	50,30	8,08	50,32	34,99	64,48	39,95	8,32	6,40	50,02	49,91	28,27	13,08
28	6,72	0,11	50,32	8,32	50,25	34,96	64,96	39,96	8,58	6,92	50,06	49,88	28,34	13,16
29	6,42	0,15	50,14	8,11	50,38	34,97	64,82	39,99	8,60	6,58	50,21	49,95	28,22	13,24
30	6,64	0,28	50,26	8,32	50,10	34,97	64,68	39,92	8,20	6,72	50,11	49,82	28,30	12,65
31	6,63	0,60	50,25	8,22	50,20	34,97	64,56	39,98	8,70	6,62	50,19	49,87	28,13	12,58
32	6,44	0,39	50,21	8,38	50,30	34,97	64,26	39,92	8,68	6,85	50,07	49,71	28,09	12,70
33	6,68	0,10	50,28	8,42	50,10	34,88	64,30	39,96	8,64	6,45	50,04	49,94	28,29	14,98
34	6,30	0,21	50,40	8,13	50,13	34,99	64,58	39,95	8,36	6,97	50,18	49,78	28,06	14,94
35	6,61	0,24	50,16	8,20	50,35	34,78	64,94	39,94	8,50	6,56	50,29	49,82	28,14	13,96
36	6,70	0,41	50,10	8,50	50,15	34,85	64,80	39,98	8,52	6,68	50,17	49,90	28,22	13,88
37	6,65	0,28	50,11	8,40	50,20	34,88	64,66	39,93	8,54	6,64	50,02	49,83	28,27	12,70
38	6,29	0,30	50,25	8,50	50,19	34,70	64,52	39,94	8,24	6,87	50,22	49,86	28,11	12,60
39	6,60	0,25	50,15	8,49	50,15	34,97	64,41	39,96	8,62	6,48	50,25	49,97	28,31	13,06
40	6,72	0,13	50,17	8,33	50,25	34,90	64,37	39,94	8,44	6,90	50,17	49,75	28,36	13,02

Продолжение таблицы В.1

№	Варианты задания															
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	
1	5,49	2,50	58,20	12,00	5,42	0,55	36,10	6,20	48,00	40,60	58,00	60,00	79,90	7,07	0,10	
2	4,60	2,60	58,25	11,65	5,06	0,13	36,16	6,16	47,85	40,40	58,35	60,06	79,89	6,92	0,47	
3	5,00	2,51	58,27	11,65	4,84	0,20	36,22	6,12	46,80	40,58	58,14	60,01	79,60	6,77	0,09	
4	4,75	2,68	58,19	11,66	4,80	0,20	36,46	5,96	47,65	40,54	58,08	60,04	79,73	6,64	0,16	
5	4,95	2,63	58,08	11,98	5,26	0,09	36,40	6,08	46,72	40,43	58,01	60,08	79,67	6,76	0,40	
6	4,85	2,50	58,00	11,82	4,72	0,20	36,34	6,16	47,80	40,36	58,24	60,10	79,59	6,50	0,40	
7	4,65	2,52	58,08	11,70	5,10	0,24	36,23	6,00	46,50	40,35	58,08	60,16	79,75	6,80	0,17	
8	5,86	2,67	58,30	12,00	5,42	0,06	36,29	6,00	47,95	40,15	58,20	60,11	79,85	6,65	0,08	
9	5,45	2,53	58,16	11,50	5,02	0,37	36,35	6,04	46,90	40,33	58,20	60,14	79,70	6,50	0,17	
10	4,65	2,64	58,25	11,80	4,88	0,32	36,38	6,03	46,30	40,25	58,24	60,17	79,88	6,80	0,42	
11	5,45	2,65	58,10	11,60	5,12	0,21	36,34	5,94	46,70	40,25	58,16	60,15	79,80	6,72	0,10	
12	5,25	2,63	58,25	11,78	5,16	0,54	36,26	5,86	47,62	40,29	58,21	60,21	79,74	6,40	0,12	
13	5,05	2,75	58,25	11,96	5,20	0,21	36,23	6,18	47,70	40,35	58,05	60,16	79,75	6,62	0,48	
14	5,20	2,62	58,14	11,84	5,02	0,05	36,12	6,00	47,00	40,55	58,28	60,19	79,75	6,47	0,07	
15	5,40	2,55	58,27	11,69	5,12	0,08	36,38	6,19	46,40	40,35	58,20	60,17	79,60	6,72	0,19	
16	5,00	2,62	58,30	11,78	5,02	0,15	36,44	6,15	47,75	40,56	58,05	60,02	79,71	6,75	0,44	
17	5,40	2,68	58,20	11,95	4,92	0,21	36,25	6,11	46,20	40,52	58,30	60,08	79,65	6,68	0,40	
18	4,70	2,68	58,25	11,70	5,36	0,25	36,19	6,02	47,98	40,42	58,12	60,02	79,75	6,35	0,42	
19	4,65	2,54	58,30	11,72	5,34	0,11	36,13	6,10	46,70	40,34	58,04	60,05	79,98	7,02	0,20	
20	4,80	2,65	58,13	11,68	4,78	0,19	36,32	6,01	46,50	40,35	58,02	60,13	79,85	6,87	0,05	
21	5,00	2,57	58,26	11,94	4,74	0,30	36,12	6,00	47,80	40,30	58,25	60,12	79,55	6,45	0,21	
22	4,80	2,60	58,32	11,80	4,74	0,45	36,18	6,01	47,70	40,20	58,09	60,18	79,86	6,70	0,45	
23	4,60	2,68	58,25	11,68	5,14	0,36	36,24	6,05	47,60	40,31	58,20	60,12	79,78	6,64	0,14	
24	4,90	2,73	58,10	11,74	4,92	0,31	36,45	6,09	47,96	40,23	58,25	60,16	79,76	6,45	0,18	
25	5,35	2,64	58,16	11,55	5,40	0,24	36,38	5,92	46,80	40,26	58,18	60,17	79,73	6,75	0,06	
26	4,75	2,59	58,17	11,75	5,08	0,44	36,30	5,84	47,90	40,30	58,22	60,23	79,70	6,60	0,33	
27	5,40	2,58	58,40	11,62	4,82	0,05	36,25	5,81	46,85	40,50	58,06	60,17	79,50	6,67	0,46	
28	5,20	2,63	58,30	11,80	5,30	0,42	36,31	6,18	46,75	40,30	58,22	60,20	79,69	6,57	0,44	
29	5,05	2,56	58,32	11,92	5,24	0,16	36,37	6,14	46,65	40,58	58,06	60,10	79,63	6,60	0,22	
30	5,25	2,63	58,28	11,75	5,04	0,30	36,37	6,10	46,98	40,50	58,29	60,04	79,77	6,57	0,05	
31	5,45	2,61	58,18	11,67	5,16	0,22	36,30	6,04	46,90	40,40	58,10	60,10	79,96	6,42	0,34	
32	5,30	2,59	58,19	11,90	5,04	0,15	36,23	6,12	46,95	40,33	58,28	60,03	79,80	6,45	0,47	
33	4,80	2,65	58,32	11,70	4,86	0,05	36,34	5,83	46,35	40,25	58,20	60,06	79,55	6,52	0,15	
34	4,70	2,71	58,12	11,74	5,14	0,10	36,40	6,02	46,25	40,25	58,14	60,10	79,84	6,58	0,19	
35	4,85	2,65	58,14	11,70	5,28	0,17	36,46	6,06	46,25	40,29	58,03	60,14	79,76	6,97	0,03	
36	4,95	2,63	58,22	11,90	5,22	0,20	36,24	6,10	46,48	40,21	58,26	60,20	79,91	6,82	0,35	
37	4,75	2,60	58,20	11,72	4,70	0,24	36,17	5,90	46,50	40,27	58,11	60,13	79,65	6,48	0,48	
38	4,55	2,60	58,29	11,66	5,18	0,42	36,10	5,82	46,45	40,31	58,30	60,16	79,60	6,75	0,46	
39	5,25	2,58	58,11	11,60	4,90	0,04	36,14	6,63	46,60	40,45	58,16	60,19	79,67	6,54	0,24	
40	4,85	2,62	58,21	11,72	5,34	0,11	36,20	6,17	46,30	40,30	58,10	60,21	79,61	6,80	0,10	
Примечание: *Наименование изношенной детали и марка автотракторной техники указываются в индивидуальном задании каждого студента																

Таблица В.2 – Полные ресурсы сопряжения втулка-поршневой палец ДВС автотракторной техники, мото-ч

№	Варианты задания								
	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1	5180	2740	3640	4860	3200	5670	3400	4240	6300
2	5630	3710	2680	3660	3210	5680	3420	4250	6330
3	2320	3730	5600	3650	3540	5705	3430	4700	6345
4	3570	4300	5150	5910	3650	5720	3460	4850	6350
5	2460	2240	2900	5600	3660	5760	3650	4860	6380
6	7620	7650	6630	2800	4240	5780	3660	5350	6400
7	8650	4910	1040	1500	4250	5795	4240	5380	6415
8	8450	8490	4240	8600	2480	6100	4250	5440	6430
9	1570	2870	3530	3200	2500	6120	4700	5520	6440
10	2720	3290	2410	9120	2700	6150	4850	5600	6460
11	2530	4750	9100	5160	2700	6180	4860	5680	6480
12	4880	2570	6620	2900	2800	6190	5160	5700	7700
13	2920	6700	2500	6660	3000	6205	5350	5750	5830
14	4710	3210	8410	1950	3150	6215	5380	5780	5860
15	4270	9170	4840	4240	3200	6220	5440	5810	5880
16	2190	2750	5940	6640	4700	7540	2420	5830	5610
17	3680	2490	5600	3540	4850	5350	2480	6835	5615
18	3260	3400	2270	2420	4860	5380	2500	3355	5640
19	9150	3120	1530	2500	5160	5440	2700	3370	5655
20	3680	4280	8610	8410	5180	5520	2700	3380	5670
21	6680	4910	3220	4850	2150	5600	2800	3400	5680
22	2720	1990	4850	3000	2300	5680	3000	3420	5705
23	3260	3290	3050	2700	2420	5700	3150	3430	5720
24	1980	6710	2690	3150	5350	5750	3200	3460	5760
25	4880	8670	3120	3210	5380	5780	3240	3650	5780
26	3180	2950	4680	4700	5440	5810	3350	3660	5795
27	6000	1590	3220	2800	5520	5830	3355	1500	6100
28	6680	2360	2800	7610	1500	5835	3370	1950	6120
29	4260	5220	7590	4250	1950	5840	3380	2150	5380
30	2840	5670	2160	2150	5600	5860	5160	2300	5440
31	5630	5670	4230	2700	5680	5880	5350	2420	5520
32	3090	6050	3640	5600	6920	5610	5380	2480	5600

Учебное издание

**Соцкая Ирина Марковна
Филинов Дмитрий Валерьевич
Вашурина Мария Александровна**

Методические указания

к выполнению контрольных работ по дисциплинам
«Надежность технических систем» и «Надежность и ремонт машин»
для студентов заочной формы обучения направления подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»
(профили «Технический сервис в АПК»,
«Машины и оборудование в агробизнесе»)

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская
Технический редактор Е.И. Кудрявцева
Художественный редактор Т.Н. Волкова
Редактор Е.А. Богословская

Подписано в печать 06.11.2015 г.
Формат 60 × 84 . Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 3,5. Тираж 50 экз. Заказ № 43.

Издательство ФГБОУ ВО «Ярославская государственная
сельскохозяйственная академия».
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.