

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

С.Ю. Журавлев

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания для контрольной работы

Красноярск 2013

Рецензент

В.А. Терсков, доктор технических наук, профессор кафедры математики и информатики КрИЖТ, филиала ИрГУПС

Журавлев, С.Ю.

Надежность технических систем: метод. указания / С.Ю. Журавлев; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013. – 22 с.

Даны рекомендации по изучению дисциплины «Надежность технических систем», приведен список литературы, сформирован перечень вопросов для выполнения теоретической части работы. В качестве практической части контрольной работы представлено четыре задачи по расчету показателей безотказности машин.

Предназначено для студентов зочного отделения, обучающихся по направлению 110800.62 «Агроинженерия», профиль: «Технический сервис в агропромышленном комплексе», и для студентов заочного отделения, обучающихся по специальности 110304.65 «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Красноярского государственного аграрного университета.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Надежность машин и теоретические основы их ремонта.....	5
1.1. Основные понятия о надежности и ремонте машин	5
1.2. Физические основы надежности машин.....	5
1.3. Методы определения показателей надежности.....	6
1.4. Предельные и допустимые значения параметров технического состояния машин.....	6
2. Задания и методические указания по выполнению контрольной работы.....	7
2.1. Общие указания.....	7
2.2. Часть 1.....	7
2.3. Вопросы для выполнения контрольной работы.....	8
2.4. Часть 2.....	11
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	21

ВВЕДЕНИЕ

Развитие научно-технического прогресса, усложнение конструкций машин и интенсификация режимов их эксплуатации обуславливают необходимость повышения надежности технических систем. Решение этой проблемы – огромный резерв повышения эффективности производства и производительности труда.

Особенностью проблемы повышения надежности является ее связь со всеми этапами проектирования, изготовления и использования машины, начиная с момента, когда формируется и обосновывается идея создания новой машины и заканчивая принятием решения о ее списании. Необходимо выявление связи между показателями надежности и возможностями по их повышению на каждом из этапов проектирования, изготовления и эксплуатации машины. Эффективность использования сельскохозяйственной техники определяется не только конструктивно-технологическими решениями, заложенными в процессе изготовления, но и условиями ее эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Наука о надежности и ремонте машин изучает причины и закономерности нарушения работоспособности машин, а также методы ее поддержания и восстановления. Понятие надежности комплексное и включает группу показателей: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

На практике инженеру сельскохозяйственного производства постоянно приходится оценивать надежность эксплуатируемой техники по всем ее составляющим. Данные методические указания для контрольной работы помогут закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки в определении значений этих составляющих в реальных условиях эксплуатации техники, приобрести компетенции по осуществлению мероприятий, направленных на поддержание и восстановление работоспособности и ресурса сельскохозяйственной техники.

1. Надежность машин и теоретические основы их ремонта

1.1. Основные понятия о надежности и ремонте машин

Пользуясь литературой и стандартами, разберитесь в терминологии и определениях, принятых в надежности и ремонте машин, таких, как исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное состояния, повреждение, отказ, техническое обслуживание, ремонт и др.

Обратите внимание на то, что надежность, как и качество, является сложным свойством, обуславливающимся целым рядом отдельных свойств: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Для количественной оценки этих свойств используются единичные и комплексные показатели.

1.2. Физические основы надежности машин

При эксплуатации машин в результате изнашивания деталей и действия других факторов нарушается их работоспособность и снижается надежность, возникают отказы и повреждения. Отказы классифицируют по нескольким признакам.

Для повышения надежности машин при их проектировании, изготовлении, ремонте и эксплуатации проводят конструктивно-технологические, организационные и другие мероприятия, направленные на уменьшение скорости изнашивания деталей, предупреждение появления отказов и повреждений. Это невозможно сделать без знания теории трения и изнашивания и протекающих при этом процессов. Изучая тему, следует особое внимание уделить физической сущности, закономерностям, видам и динамике изнашивания для различных условий работы деталей. Нужно четко усвоить разницу между понятиями изнашивание и износ.

Виды трения, смазки и изнашивания классифицируют по ГОСТ 23002-78. Кроме износов детали могут иметь другие дефекты: изгиб, усталостное и коррозионное разрушение, потерю упругости и так далее. Необходимо знать причины их появления и методы обнаружения.

1.3. Методы определения показателей надежности

Для изучения методов определения показателей надежности нужно изучить соответствующую литературу. Отказы и повреждения машин являются случайными событиями, поэтому и показатели надежности – случайные величины. Для их определения используют основы теории вероятностей и математической статистики, которые предусматривают определенный порядок сбора и обработки статистической информации, методы расчетов числовых характеристик единичных и комплексных показателей надежности.

Методика обработки зависит от вида информации, которая может быть полной, усеченной, многократно усеченной, а сама обработка может выполняться как аналитическим, так и графическим методами.

Изучая этот подраздел, важно понять, что для объективной оценки надежности всей генеральной совокупности данных объектов по результатам испытаний их выборочной совокупности нужно правильно (с помощью критериев согласия) выбрать теоретический закон распределения показателей надежности, определить его параметры. Закрепление полученных знаний по методике расчета показателей безотказности с использованием статистических методов обработки данных осуществляется при выполнении контрольной работы.

1.4. Предельные и допустимые значения параметров технического состояния машин

Под предельным понимают такое состояние объекта (детали, агрегата или машины), при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно. Допустимым значением параметра (износа детали, зазора в соединении и др.) называют такое, при котором остаточный ресурс детали (соединения и др.) не меньше межремонтного ресурса машины или агрегата. Допустимые значения тем меньше, чем больше нормативный межремонтный ресурс машины. Поэтому для увеличения межремонтного ресурса отремонтированных машин нужно особенно ответственно устанавливать и затем соблюдать допустимые износы и другие параметры де-

талей. Для закрепления знаний по этой теме целесообразно ознакомиться с техническими требованиями на ремонт какой-либо машины, в которых установлены критерии предельного состояния, даны предельные и допустимые значения параметров.

2. Задания и методические указания по выполнению контрольной работы

2.1. Общие указания

Контрольная работа состоит из двух частей: теоретической и практической. Теоретическая часть работы предполагает изучение специальной литературы. Практическая часть содержит задачи по определению показателей надежности машин. К выполнению контрольных работ рекомендуется приступить после ознакомления с методическими указаниями и проработки основной и дополнительной литературы. Отвечая на вопросы, не следует переписывать книжный текст, содержание ответов нужно излагать своими словами. Перед каждым ответом необходимо поместить текст вопроса. При расчетах дать пояснения всех принятых обозначений, входящих в формулу, с указанием их числовых значений. Промежуточные расчеты также должны быть записаны в тетрадь. Расчетные схемы, графики следует выполнять карандашом на миллиметровой бумаге в принятом масштабе. При обозначении величин, их числовых значений необходимо пользоваться единицами измерения в системе СИ. Для замечаний рецензента на каждой стороне надо оставлять поля шириной 25–30 мм.

Задание на выполнение каждой контрольной работы изложено на отдельном бланке, который следует подклеить на оборотной стороне титульного листа работы. В конце работы указать перечень используемой литературы. Работа должна быть подписана и указана дата ее выполнения.

2.2. Часть 1

Задание включает три вопроса по первому разделу программы дисциплины и определение показателей надежности

по второму разделу. Условия практических задач № 1, 2, 3, 4 и статистические данные указаны в задании для каждой задачи, для задачи №4 варианты статистического ряда представлены в таблице приложения. Задание на контрольную работу выдает преподаватель.

2.3. Вопросы для выполнения контрольной работы

1. Задачи повышения надежности отремонтированной сельскохозяйственной техники.

2. Причины нарушения работоспособности и снижения надежности машин.

3. Общие понятия, применяемые в надежности: исправность, неисправность, предельное состояние, работоспособное и неработоспособное состояние, повреждение, отказ и др.

4. Что такое надежность сельскохозяйственной техники?

5. Что такое техническое обслуживание и ремонт машин?

6. Что такое наработка, технический ресурс, срок службы, срок сохраняемости и каковы единицы их измерения?

7. Объясните термины, относящиеся к свойствам технического объекта: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

8. Что такое гамма-процентный ресурс, его практическое значение?

9. Объясните понятия гарантийная наработка (ресурс) и срок гарантии.

10. Объекты, рассматриваемые в надежности сельскохозяйственной техники: технический объект, техническая система, элементы технической системы.

11. Продукция, виды продукции, ее свойства и качество.

12. Группы признаков качества продукции.

13. Какова связь между качеством технического объекта и его надежностью?

14. Каковы причины отказов сельскохозяйственной техники?

15. Значение качества и надежности машин в повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники.

16. Охарактеризуйте основные виды отказов технических объектов.

17. Какова физическая природа возникновения постепенных и внезапных отказов?

18. Опишите кратко внешние и внутренние факторы, снижающие надежность технических объектов.

19. Приведите классификацию видов трения в машинах и влияние трения на изнашивание.

20. Виды изнашивания деталей. Факторы, влияющие на изнашивание, сущность этого влияния.

21. Приведите классификацию видов смазки и их характеристику.

22. Понятие о механическом изнашивании деталей. Меры борьбы с этим видом изнашивания. Приведите примеры.

23. Абразивное и гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание деталей. Сущность процессов, условия протекания. Меры борьбы с этими видами изнашивания. Объясните на примере изнашивания деталей сельскохозяйственной техники.

24. Эрозионное, гидроэрозионное (газоэрозионное), усталостное, кавитационное изнашивание деталей. Сущность процессов, условия протекания. Меры борьбы с этими видами изнашивания. Приведите примеры.

25. Коррозионно-механическое изнашивание деталей: окислительное, изнашивание при фреттинг-коррозии. Сущность процессов, условия протекания. Меры борьбы с этим видом изнашивания. Приведите примеры.

26. Мероприятия по уменьшению интенсивности изнашивания деталей машин и уменьшению влияния износов на качественные показатели работы машин.

27. Изнашивание при заедании, электроэрозионное изнашивание.

28. Когда и как используются основные закономерности изнашивания деталей (при конструировании, эксплуатации и ремонте машин)?

29. Как влияет макро- и микрогеометрия поверхностей на изнашивание деталей машин? Оптимальная микрогеометрия поверхностей.

30. Методы определения износов деталей машин и область их применения.

31. Что такое предельное состояние (износ) машин, соединений и деталей? Опишите критерии предельного состояния и методы их определения. Приведите примеры.

32. Допустимые и предельные значения износа деталей при ремонте машин. Зависимость между ними.

33. Порядок расчета остаточного и полного технического ресурса детали.

34. Порядок расчета остаточного и полного ресурса соединения.

35. Потеря работоспособности деталей из-за усталости металла.

36. Коррозионные повреждения деталей и узлов, условия протекания коррозии и меры борьбы с ней. Приведите примеры.

37. Классификация отказов машин.

38. Охарактеризуйте основные понятия теории вероятностей: испытание (опыт), событие, случайная величина, частота, частность, вероятность и др.

39. Понятие показателя надежности. Единичные и комплексные показатели надежности.

40. Какими показателями характеризуется безотказность технических объектов?

41. Какими показателями характеризуется долговечность технических объектов?

42. Коэффициент готовности технических объектов. Свойства, характеризующиеся этим показателем.

43. Изложите основы технической диагностики и прогнозирования ресурсов технических систем и их элементов.

44. Цель и задачи технической диагностики.

45. Каковы цель, назначение и особенности испытаний сельскохозяйственной техники на надежность?

46. Приведите классификацию методов испытания и контроля надежности сельскохозяйственной техники.

47. Опишите виды испытаний сельскохозяйственной техники на надежность.

48. Сущность стендовых и полигонных испытаний.

49. Ускоренные испытания на надежность, их достоинства и недостатки.

50. Технические средства ускоренных испытаний на надежность.

51. Опишите эксплуатационные испытания на надежность.

52. Изложите порядок обработки статистических данных о надежности сельскохозяйственной техники при ее эксплуатации и ремонте.

53. Контрольные испытания машин на полигонах и машинно-испытательных станциях.

54. Предремонтное диагностирование тракторов. Цель и задачи этого технологического процесса.

55. Перечислите основные требования к ремонтпригодности сельскохозяйственной техники.

56. Требования к ремонтпригодности при текущем и капитальном ремонте сельскохозяйственной техники.

57. Назовите основные конструктивные мероприятия повышения надежности машин.

58. Назначение и сущность резервирования в технических системах. Виды резервирования.

59. Перечислите основные технологические мероприятия повышения надежности машин.

60. Изложите мероприятия конструктивно-технологического характера, направленные на повышение надежности машин.

2.4. Часть 2

Практическая часть работы состоит из четырех задач по определению показателей безотказности технических объектов.

Цель работы: освоить методику расчета показателей безотказности машин.

Общие положения. Надежность является комплексным свойством изделия, которое включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность – это свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. В соответствии с ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» безотказность восстанавливаемых изделий оценивается следующими показателями:

1 – наработка на отказ;

- 2 – параметр потока отказов;
- 3 – вероятность безотказной работы;
- 4 – интенсивность отказов;
- 5 – частота отказов.

В данной работе необходимо рассчитать показатели безотказности машин на основе статистических данных.

Порядок выполнения работы. Работа выполняется по вариантам для всех четырех задач. Для каждого варианта информация представлена в виде статистической выборки.

Задача №1.

На испытания поставлено N_0 изделий. За время t вышло из строя $n(t)$ штук изделий. За последующий интервал времени Δt вышло из строя $n(\Delta t)$ штук изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов $\lambda(\Delta t)$ и интенсивность отказов $\mu(\Delta t)$ на интервале Δt .

Дано: $N_0=10$; $t=1000$ ч.; $\Delta t=100$ ч.; $n(t)= 3$; $n(\Delta t)=1$.
Найти $P(t)$; $P(t+\Delta t)$; $\lambda(\Delta t)$; $\mu(\Delta t)$.

Решение

Определяем вероятность безотказной работы за время t .

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}. \quad (1)$$

$$P(1000) = \frac{10 - 3}{10} = 0,7$$

Вероятность безотказной работы за время $t + \Delta t = 1100$ ч.

$$P(1100) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad P(1100) = \frac{10 - 4}{10} = 0,6$$

Найдем частоту отказов за время Δt .

$$\lambda(100) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}. \quad (2)$$

$$\lambda(100) = \frac{1}{10 \cdot 100} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$$

Найдем интенсивность отказов за время Δt .

$$\mu(100) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t \cdot N_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

$$\text{где } N_{\text{ср}} = \frac{N_0(t) + N_0(\Delta t)}{2};$$

$$N_0(t) = 997 \text{ шт.};$$

$$N_0(\Delta t) = 996 \text{ шт.}$$

$$\mu(100) = \frac{1}{100 \cdot \frac{(997+996)}{2}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$$

Ответ: $P(t)=0,7$; $P(t+\Delta t)=0,6$; $\lambda(t)= 1 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$; $\mu(t)= 1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Задача №2.

В течение времени Δt производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием и было зафиксировано $n(\Delta t)$ отказов. До начала наблюдения изделие проработало в течение времени t_1 , общее время наработки к концу наблюдения составило t_2 . Требуется найти среднюю наработку на отказ $t_{\text{ср}}$.

Дано: $t_1=1200$ ч; $t_2=5558$ ч. $n(\Delta t)=2$.

Решение

Найдем наработку изделия за наблюдаемый период.

$$t = t_2 - t_1 = 5558 - 1200 = 4358 \text{ ч.}$$

Принимая $\sum_{i=1}^n t_i = 4358$ ч,

находим среднюю наработку на отказ

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{4358}{2} = 2179, \quad (4)$$

где t_i – время исправной работы изделия между $(i-1)$ и i -м отказами; n – число отказов за некоторое время t .

Ответ: Нарботка на отказ равна 2179 ч.

Задача №3.

Изделие имеет среднюю наработку на отказ (t_{cp}) и среднее время восстановления (t_B). Необходимо определить коэффициент готовности изделия K_r .

Дано: $t_{cp} = 147$ ч. $t_B = 1,7$ ч.

Решение

Находим коэффициент готовности по формуле

$$K_r = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + t_B} = \frac{1}{1 + \frac{t_B}{t_{cp}}} = \frac{1}{1 + \frac{1,7}{147}} = 0,988 \quad (5)$$

Ответ: Коэффициент готовности изделия равен 0,988.

Задача №4.

В результате наблюдений за $N_0=45$ образцами технических изделий в течение 80 мото-часов наработки получены данные до первого отказа всех 45 образцов.

Определить $P(t)$; $\lambda(t)$; $\mu(t)$ в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа T_{cp} .

Распределение отказов для всех испытываемых образцов по интервалам наработки представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Значения интервалов наработки Δt_i и числа отказов в них $n(\Delta t_i)$

$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$
0–5	1	40–45	0
5–10	5	45–50	1
10–15	8	50–55	0
15–20	2	55–60	0
20–25	5	60–65	3
25–30	6	65–70	3
30–35	4	70–75	3
35–40	3	75–80	1

Дано: $N_0 = n(\Delta t) = 45$; $\Delta t = 5$ ч
 Определить: $P(t)$; $\lambda(t)$; $\mu(t)$; T_{cp} .

Решение

Определим вероятность безотказной работы по формуле

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (6)$$

где $n(t)$ – сумма отказов, зарегистрированных в конце i -го интервала.

$$\begin{aligned} P(5) &= \frac{45-1}{45} = 0,98; & P(10) &= \frac{45-6}{45} = 0,87; & P(15) &= \frac{45-14}{45} = 0,69; \\ P(20) &= \frac{45-16}{45} = 0,64; & P(25) &= \frac{45-21}{45} = 0,53; & P(30) &= \frac{45-27}{45} = 0,4; \\ P(35) &= \frac{45-31}{45} = 0,31; & P(40) &= \frac{45-34}{45} = 0,24; & P(45) &= \frac{45-34}{45} = 0,24; \\ P(50) &= \frac{45-35}{45} = 0,22; & P(55) &= \frac{45-35}{45} = 0,22; & P(60) &= \frac{45-35}{45} = 0,22; \\ P(65) &= \frac{45-38}{45} = 0,16; & P(70) &= \frac{45-41}{45} = 0,09; & P(75) &= \frac{45-44}{45} = 0,02; \\ P(80) &= \frac{45-45}{45} = 0. \end{aligned}$$

Найдем частоту отказов по формуле

$$\lambda(t_{cp}) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}, \quad (7)$$

где t_{cp} – середина i -го интервала.

$$\begin{aligned} \lambda(2,5) &= \frac{1}{45 \cdot 5} = 0,44 \cdot 10^{-2}; & \lambda(7,5) &= \frac{5}{45 \cdot 5} = 2,22 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(12,5) &= \frac{8}{45 \cdot 5} = 3,55 \cdot 10^{-2}; & \lambda(17,5) &= \frac{2}{45 \cdot 5} = 0,88 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(22,5) &= \frac{5}{45 \cdot 5} = 2,22 \cdot 10^{-2}; & \lambda(27,5) &= \frac{6}{45 \cdot 5} = 2,66 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(32,5) &= \frac{4}{45 \cdot 5} = 1,77 \cdot 10^{-2}; & \lambda(37,5) &= \frac{3}{45 \cdot 5} = 1,33 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(42,5) &= 0; & \lambda(47,5) &= \frac{1}{45 \cdot 5} = 0,44 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(52,5) &= 0; & \lambda(57,5) &= 0; \\ \lambda(62,5) &= \frac{3}{45 \cdot 5} = 1,33 \cdot 10^{-2}; & \lambda(67,5) &= \frac{3}{45 \cdot 5} = 1,33 \cdot 10^{-2}; \\ \lambda(72,5) &= \frac{3}{45 \cdot 5} = 1,33 \cdot 10^{-2}; & \lambda(77,5) &= \frac{1}{45 \cdot 5} = 0,44 \cdot 10^{-2}. \end{aligned}$$

Найдем интенсивность отказов по формуле

$$\mu(t_{cp}) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t \cdot N_{cp}}, \quad (8)$$

где $N_{cp} = \frac{N_0(t) + N_0(\Delta t)}{2}$;

$N_0(t)$ – количество отказов, не зарегистрированных в начале i -го интервала от общего числа отказов N_0 ;

$N_0(Dt)$ – количество отказов, не зарегистрированных в конце i -го интервала от общего числа отказов N_0 .

$$\begin{aligned} \mu(2,5) &= \frac{1}{5 \cdot \frac{(45+44)}{2}} = 0,45 \cdot 10^{-2}; & \mu(7,5) &= \frac{5}{5 \cdot \frac{(44+39)}{2}} = 2,40 \cdot 10^{-3}; \\ \mu(12,5) &= \frac{2^2}{5 \cdot \frac{(39+31)}{2}} = 4,57 \cdot 10^{-3}; & \mu(17,5) &= \frac{2^2}{5 \cdot \frac{(31+29)}{2}} = 1,33 \cdot 10^{-2}; \\ \mu(22,5) &= \frac{5^2}{5 \cdot \frac{(29+24)}{2}} = 3,77 \cdot 10^{-2}; & \mu(27,5) &= \frac{6^2}{5 \cdot \frac{(24+18)}{2}} = 5,71 \cdot 10^{-2}; \\ \mu(32,5) &= \frac{4^2}{5 \cdot \frac{(18+14)}{2}} = 5 \cdot 10^{-2}; & \mu(37,5) &= \frac{3^2}{5 \cdot \frac{(14+11)}{2}} = 4,8 \cdot 10^{-2}; \\ \mu(42,5) &= 0; & \mu(47,5) &= \frac{1^2}{5 \cdot \frac{(11+10)}{2}} = 1,90 \cdot 10^{-2}; \\ \mu(52,5) &= 0; & \mu(57,5) &= 0; \\ \mu(62,5) &= \frac{3}{5 \cdot \frac{(10+7)}{2}} = 7,05 \cdot 10^{-2}; & \mu(67,5) &= \frac{3}{5 \cdot \frac{(7+4)}{2}} = 10,9 \cdot 10^{-2}; \\ \mu(72,5) &= \frac{3^2}{5 \cdot \frac{(4+1)}{2}} = 24 \cdot 10^{-2}; & \mu(77,5) &= \frac{1^2}{5 \cdot \frac{(1+0)}{2}} = 40 \cdot 10^{-2}. \end{aligned}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения $P(t)$, $\lambda(t)$, $\mu(t)$, вычисленные для всех Dti .

$Dti, ч$	$P(t)$	$\lambda(t), \cdot 10^{-2} ч$	$\mu(t), \cdot 10^{-2} ч$
0–5	0,98	0,44	0,45
5–10	0,87	2,22	2,40
10–15	0,69	3,55	4,57
15–20	0,64	0,88	1,33
20–25	0,53	2,22	3,77
25–30	0,4	2,66	5,71
30–35	0,31	1,77	5
35–40	0,24	1,33	4,8
40–45	0,24	0	0
45–50	0,22	0,44	1,90
50–55	0,22	0	0
55–60	0,22	0	0
60–65	0,16	1,33	7,05
65–70	0,09	1,33	10,9
70–75	0,02	1,33	24
75–80	0	0,44	40

Находим среднюю наработку до первого отказа T_{cp} .

Учитывая, что в данном случае число интервалов m в статистическом ряду и общее количество объектов наблюдений $N_0 = 45$, имеем

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{cpi}}{N_0}, \quad (9)$$

где n_i – число отказов в i -том интервале;

t_{cpi} – середина интервала;

m – число интервалов в статистическом ряду ($m=16$).

$$T_{cp} = \frac{1 \cdot 2,5 + 5 \cdot 7,5 + 8 \cdot 12,5 + 2 \cdot 17,5 + \dots + 3 \cdot 62,5 + 3 \cdot 67,5 + 3 \cdot 72,5 + 1 \cdot 77,5}{45} = 31,72$$

По результатам расчетов строим графики вероятности безотказной работы изделия $P(t)$, частоты отказов $\lambda(t)$ и интенсивности отказов $\mu(t)$ в зависимости от наработки t (см. рисунки 1–3).

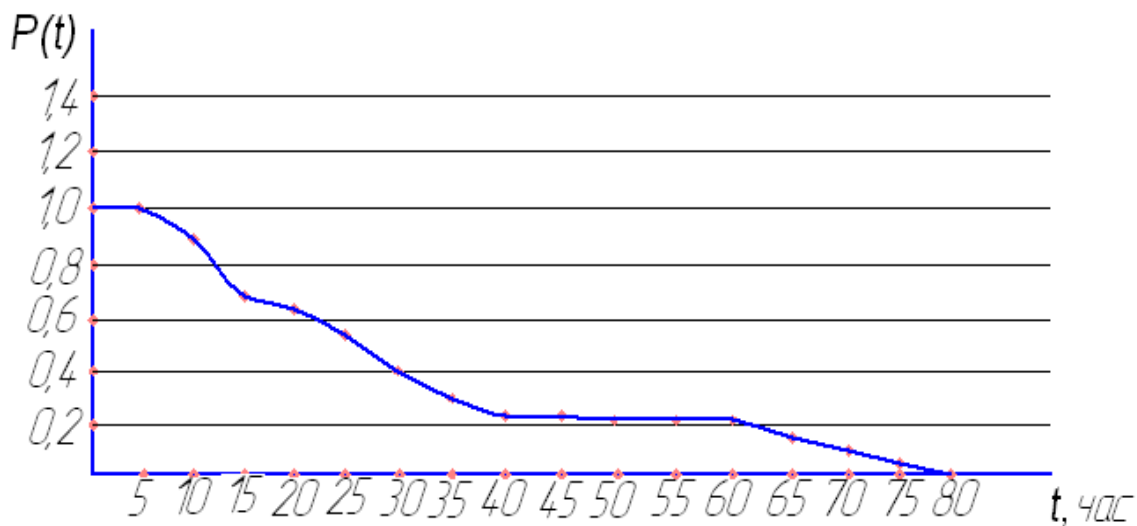


Рисунок 1 – Вероятность безотказной работы изделия в течение времени t

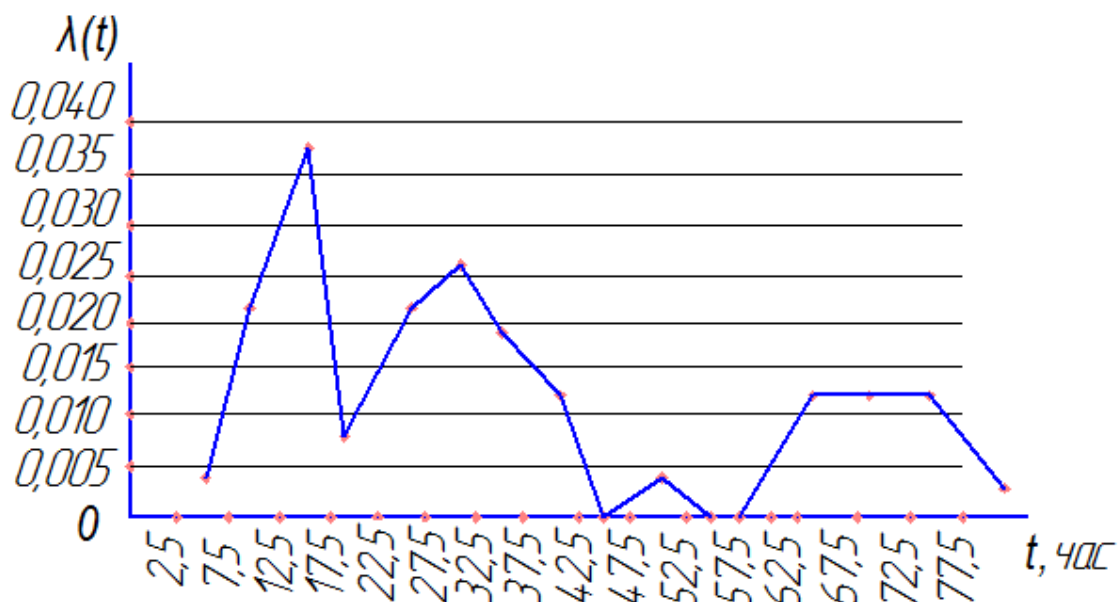


Рисунок 2 – Частота отказов изделия в зависимости от времени t

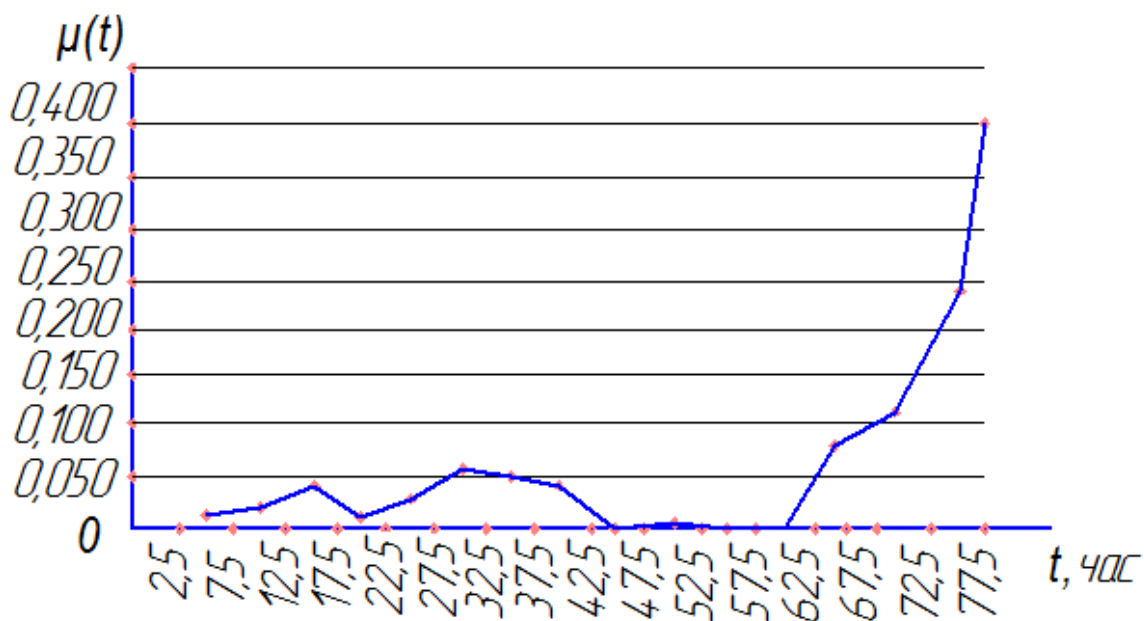


Рисунок 3 – Интенсивность отказов изделия в зависимости от времени t

Вероятность безотказной работы на всем процессе наблюдения уменьшается, а в промежутке наблюдения от 40 до 60 часов работы остановилась на уровне 0,22.

В промежутке времени от 2,5 до 12,5 часов работы частота отказов увеличивалась и достигла $36 \cdot 10^{-3}$ ч. В промежутке от 12,5 до 17,5 часов частота отказов уменьшилась до $9 \cdot 10^{-3}$ ч. В промежутке от 17,5 до 27,5 часов частота отказов увеличилась

до $27 \cdot 10^{-3}$ ч. В промежутке от 27,5 до 42,5 часов падает до нуля. В промежутке от 42,5 до 57,5 ч частота отказов не превышает $5 \cdot 10^{-3}$ ч и после 47,5 часов работы падает до нуля. В промежутке от 57,5 до 62,5 часов работы частота отказов увеличилась до $13 \cdot 10^{-3}$ ч и держалась до 72,5 часов работы наблюдений. В конце испытания частота отказов упала до $4 \cdot 10^{-3}$ ч.

В процессе наблюдения от 2,5 до 57,5 часов интенсивность отказов была в пределах от 0 до $5,71 \cdot 10^{-2}$ ч. После 57,5 часов работы наблюдений интенсивность отказов резко увеличилась и в конце наблюдения достигла 0,4 ч.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Надежность и ремонт машин: учеб. для студентов вузов / под ред. проф. В.В. Курчаткина. – М: Колос, 2000. – 775 с.
2. Острейковский, В.А. Теория надежности: учеб. для студентов вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. школа, 2003. – 462 с.
3. Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: учеб. для студентов вузов / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 304 с.

Дополнительная литература

1. Труханов, В.М. Надежность технических систем/ В.М. Труханов. – М.: Машиностроение, 2003. –320 с.
2. Половко, А.М. Основы теории надежности. Практикум / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб., 2006. – 560 с.
3. Ермолов Е.С. Основы надежности сельскохозяйственной техники / Е.С.Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е. Черкун. – М.: Колос, 1982. – 143 с.
4. ГОСТ 23.002-78. Обеспечение износостойкости изделий. Трение изнашивание и смазка. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
5. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения. – М.:Изд-во стандартов, 1985.
6. ОСТ 70.28-82. Испытание сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации. – М.: Госкомсельхозтехника СССР, 1983.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий для задачи №4 (обязательное)

$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$	$n(\Delta t_i)$
0–5	1	0	2	1	0	1	2	0	4	1	0	3	1	0	2
5–10	2	3	3	3	2	3	4	1	5	2	2	4	3	2	0
10–15	2	4	5	3	2	3	5	2	6	3	3	5	4	3	3
15–20	3	4	6	4	4	4	5	4	7	4	4	6	6	4	3
20–25	4	5	5	5	5	6	6	5	5	5	6	7	7	0	5
25–30	5	7	4	7	7	8	8	6	4	6	5	5	7	5	6
30–35	4	6	3	6	7	7	5	4	3	5	3	4	4	4	4
35–40	3	3	3	5	5	5	4	3	2	4	2	3	3	3	0
40–45	1	2	1	3	3	4	2	2	1	3	1	2	2	2	2
45–50	0	1	0	1	1	2	1	1	0	1	0	1	1	1	1

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания

Составитель
Сергей Юрьевич Журавлев

Редактор
Л.Э. Трибис

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953. I I . 000381.09.03 от
25.09.2003 г.

Подписано в печать 5.06.2013. Формат 60x84/16. Бумага тип №1.

Печать – ризограф. Усл. п.л. Тираж 170 экз. Заказ №
Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117