МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Кафедра «Ремонт машин»

Надежность технических систем
задания для контрольной работы и методические указания по ее выполнению

Казань-2008

ББК 40.72
УДК 631.3.004.67ъ

Задания для контрольной работы предназначены студентам-заочникам 4 курса по специальности 31 1900-технология обслуживания и ремонта машин в АПК.
Пособие содержит варианты заданий и методические указания по их выполнению.

Составитель: Кондратьев Г.И., доцент кафедры «Ремонт машин» Каз ГАУ

Одобрено и рекомендовано к изданию кафедрой «Ремонт машин» 30 октября 2007 года и методической комиссией факультета технического сервиса Казанского государственного аграрного университета 1 ноября 2007 года.

Рецензенты: Профессор Каз ГЭУ д.т.н. Маркин Ю.С.
Профессор Каз ГАУ, д.т.н. Галиев И.Г.

Казанский государственный аграрный университет, 2008

Введение

Современные тракторы, комбайны, автомобили и другие машины, и оборудование становятся все боле сложными и энергонасыщенными, напряженность их работы постоянно возрастает. В связи с этим все труднее становится закладывать надежность при конструировании, обеспечивать ее при производстве машин и поддерживать на требуемом уровне в процессе эксплуатации. Мало того, нас уже не устраивает и достигнутая надежность машин, ибо современные машины в силу своей высокой производительности (например, комбайн «Дон-1500») и интенсивного использования должны быть надежнее, чем их предшественники (например, комбайн СК-5), так как отказы и связанные с ними простои сложных и высокопроизводительных машин слишком дорого обходятся обществу. Поэтому главная цель дисциплины «Надежность технических систем»-привить будущему инженеру мысль о том, что задачу дальнейшего повышения эффективности агропромышленного комплекса невозможно решить без всемерного увеличения надежности сельскохозяйственной техники на всех стадиях ее существования - от проектирования и производства, до эксплуатации и ремонта, а также вооружить его знаниями, необходимыми для активного участия в решении этой задачи.

Наука о надежности изучает закономерности изменения показателей работоспособности объектов с течением времени, а также физическую природу отказов и на этом основании разрабатывает общие методы, обеспечивающие с наименьшими затратами времени и средств необходимую долговечность и безотказность объектов. Если такие науки как сопротивление материалов, ТММ, детали машин, ремонт машин и др. рассматривают вопросы достижения определенного уровня показателей качества машин (точности, прочности, мощности, КПД, производительности и т.д.), то наука о надежности рассматривает процесс изменения всех этих показателей с течением времени, ибо надежность - это свойство объекта сохранять во времени свою работоспособность, т.е. все те показатели, о которых здесь идет речь. Таким образом, наука о надежности опирается на все ранее изучаемые дисциплины, а также является одной из теоретических основ для изучения вопросов технической эксплуатации и ремонта машин.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

1. Значение проблемы надежности сельскохозяйственной техники.
2. Терминологию надежности.
3. Закономерности изнашивания деталей и методы повышения их износостойкости.
4. Закономерности изменения первоначального уровня надежности в процессе эксплуатации.
5. Математические методы определения показателей надежности.
6. Методы испытания и контроля техники на надежность.

7. Основные направления повышения надежности сельскохозяйственной техники.

Литература

Основная:

1. Пучин В.А. и др. Надежность технических счистем.-М.: УМЦ «Триада», 2005.
2. Ермолов Е.С. и др. Основы надежности сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1982 (1974).

Дополнительная:

3. Артемьев Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве. М. : Колос, 1981.
4. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения.
5. ГОСТ 23.002-78. Обеспечение износостойкости изделий. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения.
6. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. М.: ГОСНИТИ, 1985.
7. Кондратьев Г.И. Основные понятия и определения в теории надежности и ремонта машин. Казань, 1994.
8. РД 10.2.8-92. Испытание сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации.

Методические указания по выполнению работы

Контрольная работа состоит из двух частей:

ч.1.- ответы на четыре заданных вопроса и ч.2- решение задачи по выданному варианту.

Содержание ответов желательно излагать своими словами, перед каждым ответом необходимо поместить текст вопроса. При расчетах нужно давать пояснения всех принятых обозначений, входящих в формулу, с указанием размерностей в системе СИ. Графики выполнять карандашом на миллиметровой бумаге в соответствующем масштабе. Для замечаний рецензента на каждой станице оставлять поля.

Выданный бланк задания подклеить на оборотной стороне титульного листа работы.

В конце работы привести перечень используемой литературы, поставить подпись и дату выполнения.

Часть 1. Вопросы.

1. Значение проблемы повышения надежности сельскохозяйственной техники.
2. Объекты, рассматриваемые в теории надежности: технический объект, техническая система, элемент технической системы. Привести примеры.
3. Ремонтируемый объект, восстанавливаемый объект, неремонтируемый объект, невосстанавливаемый объект.
4. Понятие качества и надежности, их взаимосвязь.
5. Исправное состояние (исправность), неисправное (неисправность), дефект, повреждение, отказ.
6. Предельное состояние и его виды для деталей и сопряжений.
7. Предельное состояние и его виды для машин и агрегатов.
8. Надежность и ее свойства: безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость.
9. Безотказность. Количественные показатели безотказности.
10. Долговечность. Количественные показатели долговечности.
11. Ремонтопригодность. Количественные показатели ремонтопригодности.
12. Сохраняемость и ее значение для сельхозмашин. Количественные показатели сохраняемости.
13. Единичные и комплексные показатели надежности.
14. Работоспособное состояние (работоспособность), неработоспособное состояние (неработоспособность), отказ, повреждение, дефект.
15. Наработка, технический ресурс (ресурс), срок службы. Чем они различаются?
16. Интенсивность отказов и график ее изменения во времени. Параметр потока отказов.
17. Классификация отказов по группам сложности.
18. Конструкционные, производственные и эксплуатационные отказы и причины их возникновения.
19. Общая классификация отказов по взаимосвязи, характеру проявления и способу обнаружения.
20. Исправность и работоспособность. Сущность этих понятий и различие между ними.
21. Гамма - процентный ресурс и его определение.
22. Экспоненциальный закон надежности, его свойства и область применения.
23. Закон нормального распределения, его свойства и область применения.
24. Закон распределения Вейбулла, его свойства и область применения.
25. Надежность сложной системы при последовательном соединении ее элементов.
26. Надежность сложной системы при параллельном соединении ее элементов.
27. Числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации. Дать определения и привести формулы.

28. Причины нарушения работоспособности машин и оборудования.
29. Физическая природа возникновения постепенных и внезалных отказов.
30. Эксплуатационные и ресурсные отказы, способы их устранения.
31. Техническое обслуживание и ремонт. Дать определения и указать принципиальное различие этих понятий
32. Понятие об изнашивании и износе.
33. Понятие о внешнем трении. Классификация видов трения.
34. Классификация видов смазки.
35. Механическая, молекулярная и молекулярно-механическая теории трения.
36. Классификация видов изнашивания.
37. Абразивное, гидроабразивное и газоабразивное изнашивание. Сущность этих процессов и меры борьбы с ними на конкретных примерах.
38. Усталостное изнашивание. Сущность процесса и меры борьбы с ним на конкретных примерах.
39. Кавитационное изнашивание. Сущность процесса и меры борьбы с ним на конкретных примерах.
40. Окислительное изнашивание и фреттинг-коррозия. Сущность процессов и меры борьбы с ними на конкретных примерах.
41. Изнашивание при заедании. Сущность процесса и меры борьбы с ним на конкретных примерах.
42. Электроэрозионное изнашивание.
43. Причины нарушения работоспособности, не связанные с трением: образование накипи и нагара, потеря упругости и намагниченности, усталостные разрушения и др. Как они влияют на работу машины. Меры борьбы с этими явлениями.
44. Усталостные разрушения. Причины снижения усталостной прочности и методы ее повышения.
45. Методы и средства изучения износов.
46. Мероприятия по уменьшению интенсивности изнашивания деталей машин.
47. Классическая кривая нарастания износа. Понятие о скорости и интенсивности изнашивания.

48. Предельные и допустимые значения износа деталей при ремонте машин. Зависимость между ними.
49. Коррозионные повреждения деталей и узлов. Условия протекания коррозии и меры борьбы с ней на конкретных примерах.
50. Коэффициент готовности технических объектов. Свойства, характеризуемые этим показателем.
51. Коэффициент технического использования машин. Свойства, характеризуемые этим показателем.
52. Требования к ремонтопригодности сельскохозяйственной техники.
53. Планы испытаний на надежность.
54. Классификация методов испытаний на надежность.
55. Закономерности изнашивания деталей машин при трении.
56. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания.
57. Требования к ремонтопригодности при текущем и капитальном ремонте машин.
58. Требования к ремонтопригодности при техническом обслуживании и смазывании.
59. Требования к ремонтопригодности при хранении и транспортировке техники.
60. Конструктивные мероприятия повышения надежности.
61. Технологические мероприятия повышения надежности.
62. Эксплуатационные мероприятия повышения надежности.
63. Ремонтные мероприятия повышения надежности.
64. Резервирование, виды резервирования. Расчет надежности сложных систем.
65. Стендовые и полигонные испытания. Методы ускоренных испытаний.а

Часть 2. Задача

Требуется определить полный ресурс соединения и допустимые без ремонта размеры сопрягаемых деталей в месте их наибольшего износа.

Методику расчета рассмотрим на конкретном примере.

Детали соединения и исходные технические данные для расчета принимаем по варианту 9 из приложения 1 и заносим их в таблицу 1. По заданию средняя межремонтная наработка двигателя $T_{\text{мр}} = 3200 W_{\text{вт}} = 2$, средняя скорость изнашивания втулки $W_{\{\text{вт}\}} = 2{,}2 \backslash cdot \frac{10^{\{-5\}\text{мм}}}{\text{мото}} -$ ч, средняя скорость изнашивания пальца $W_{\{\text{пл}\}} = 1{,}2 \backslash cdot \frac{10^{\{-5\}\text{мм}}}{\text{мото}} -$ ч.

Таблица 1. Данные из технических условий на дефектацию соединений дизелей Д-240, Д-240Л и их модификаций

Наименование деталей соединения	Размеры деталей по чертежу, мм	Зазоры в соединении, мм		
Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	Начальный $S_н$	Допустимый $S_др$	Предельный $S_пр$
Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	0,030…0,072	0,14	0,25

Для нашего задания можно использовать следующие уравнения:

$W_{\{c\}} = W_{\{\text{вт}\}} + W_{\{\text{пл}\}}$,

$T_{\{\text{ср}\}} = \backslash frac\{I_{\{\text{пр}\}}\}\{W_{\{c\}}\}$,

W_{с} – средняя скорость изнашивания соединения, мм/мото-ч;
W_{вт} – средняя скорость изнашивания первой детали (втулки), мм/мото-ч;
W_{пл} – средняя скорость изнашивания второй детали (пальца), мм/мото-ч;
T_{ср} – полный ресурс соединения, мото-ч.
Для нашего примера с использованием данных из таблицы 1 получаем:

$$W_{\{c\}} = 2{,}2 \cdot 10^{\{-5\}} + 1{,}2 \cdot 10^{\{-5\}} = 3{,}4 \cdot 10^{\{-5\}\backslash text\{\frac{\text{мм}}{\text{мото}} - \text{ч}\}};$$

$T_{\{ср\}} = \backslash frac\{0{,}178\}\{3{,}4\ \cdot 10^{\{-5\}}\} = \ 5235\ \backslash text\{$ мото − ч$\}$.
Полученные расчетные значения $W_{\{с\}}$ и $T_{\{ср\}}$ нужно рассматривать как средние из-за возможных отклонений, прежде всего вследствие нестабильности условий эксплуатации сельскохозяйственной техники.
Предельные износы соединяемых изделий (втулки и пальца) можно определить следующим образом:

$$I_{\{пр.вт\}} = \backslash frac\{I_{\{пр\}} \cdot W_{\{вт\}}\}\{W_{\{с\}}\} = \backslash frac\{0{,}178\ \cdot 2{,}2\ \cdot 10^{\{-5\}}\}\{3{,}4\ \cdot 10^{\{-5\}}\} = \ 0{,}115\ \backslash text\{$ мм$\};$$

$$I_{\{пр.пл\}} = \backslash frac\{I_{\{пр\}} \cdot W_{\{пл\}}\}\{W_{\{с\}}\} = \backslash frac\{0{,}178\ \cdot 1{,}2\ \cdot 10^{\{-5\}}\}\{3{,}4\ \cdot 10^{\{-5\}}\} = \ 0{,}063\ \backslash text\{$ мм$\};$$

Допустимые износы деталей соединения при заданном значении межремонтной наработки $T_{\{мр\}} = \ 3200$ мото − ч составляют:

$$I_{\{др.вт\}} = \ I_{\{пр.вт\}} - \ T_{\{мр\}} \cdot W_{\{вт\}} = \ 0{,}115\ -\ 3200\ \cdot 2{,}2\ \cdot 10^{\{-5\}} = \ 0{,}045\ \backslash text\{$ мм$\};$$

$$I_{\{др.пл\}} = \ I_{\{пр.пл\}} - \ T_{\{мр\}} \cdot W_{\{пл\}} = \ 0{,}063\ -\ 3200\ \cdot 1{,}2\ \cdot 10^{\{-5\}} = \ 0{,}025\ \backslash text\{$ мм$\};$$

Тогда допустимые без ремонта размеры деталей соединения в месте их наибольшего износа с учетом значений максимального диаметра отверстия $D_{\{max\}}$ и минимального диаметра вала$d_{\{min\}}$, принимаемых по таблице 1, определяются следующим образом:

$$D_{\{др\}} = \ D_{\{max\}} + \ I_{\{др.вт\}} = \ 18{,}060\ +\ 0{,}045\ =\ 18{,}105\ \backslash text\{$ мм$\};$$

$$d_{\{др\}} = \ d_{\{min\}} - \ I_{\{др.пл\}} = \ 17{,}988\ -\ 0{,}025\ =\ 17{,}963\ \backslash text\{$ мм$\};$$

Здесь$D_{\{др\}}$ — допустимый без ремонта диаметр втулки, мм и $d_{\{др\}}$ - допустимый без ремонта диаметр пальца, мм.
В заключении вычерчивается расчетная схема изнашивания деталей соединения в зависимости от наработки Тс указанием значений полного ресурса соединений$T_{\{ср\}}$, допустимых без ремонта и предельных износов деталей и зазоров в соединении. Пример выполнения расчетной схемы для заданного варианта исходных уловий дан на рис. 1.
Выполнение схемы начинается с нанесения и обозначения на осях координат масштабных значений износа и наработки. Затем откладывают от начала координат значения начального зазора$S_{\{н\ max\}}$, полного ресурса соединения$T_{\{ср\}}$, предельного зазора$S_{\{пр\}}$, проводят линии износа деталей. Начальные точки линий износа соответствуют предельным отклонениям размеров отверстия и вала по техническим условиям на изготовление деталей.
На схеме указывают значения $I_{\{др\}}$ и $I_{\{пр\}}$ для обеих деталей, а также$S_{\{др\}}$, $S_{\{пр\}}$, $T_{\{мр\}}$, $T_{\{ср\}}$ для соединения в целом.

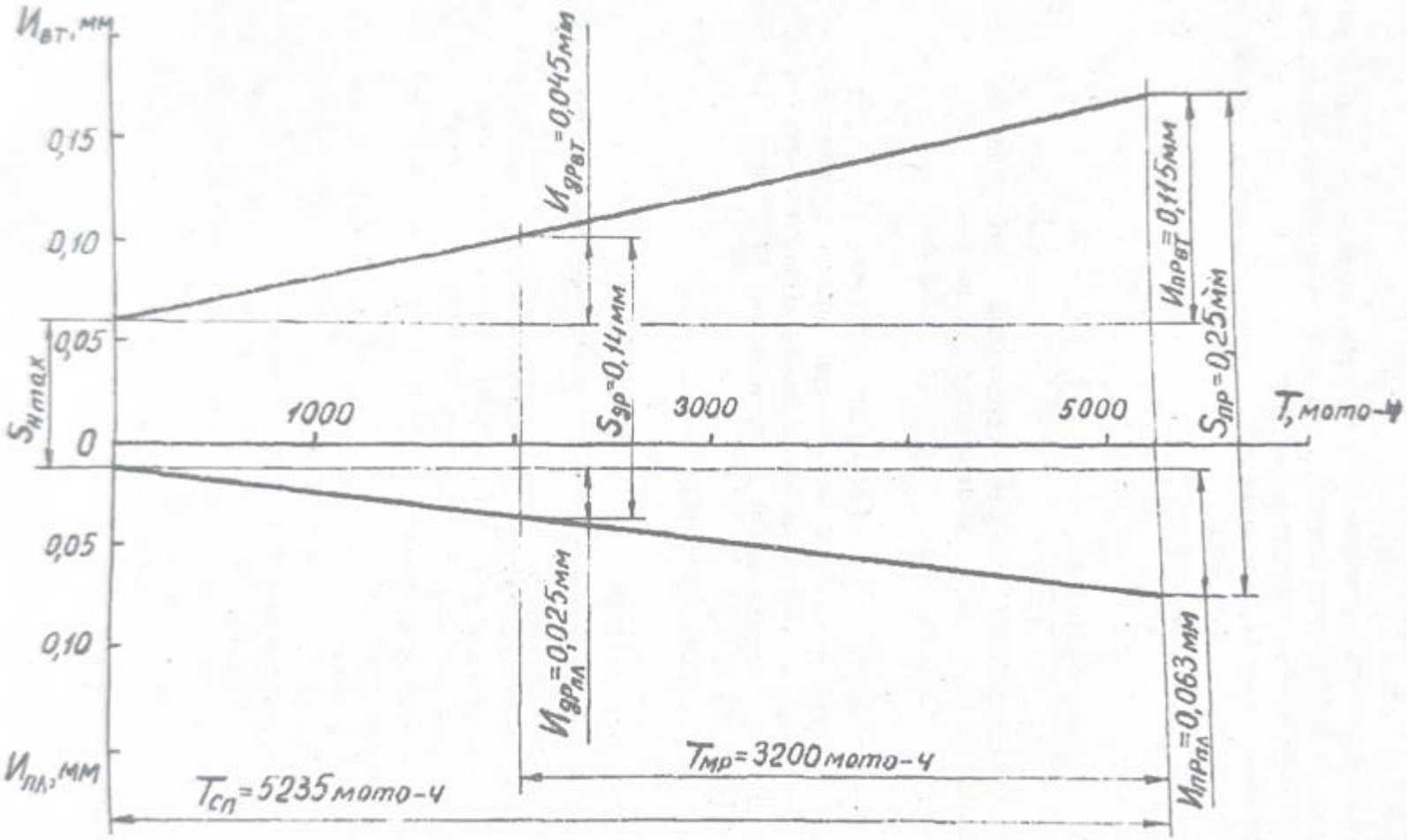

Рисунок 1- Расчетная схема изнашивания деталей соединения

Приложение 1

Данные из технических требований на капитальный ремонт дизелей Д-240, Д-240Л и их модификаций

№ вариант а	Наименование деталей	Размер по чертежу, мм	Зазоры, мм		
			Начальный, S_H	Допустимый, Sдр	Предельный, Sпр
1	2	3	4	5	6
1	Блок цилиндров Толкатель	$25^{+0,052}$ $25^{-0.022}$ ^{0,008}	0,008… …0,074	0,17	0,30
2	Втулка распредвала Вал распредвала	$50^{+0,025}$ $50_{-0.089}^{-0.050}$	0,050… …0,114	0,17	0,40
3	Втулка направл. Клапана Клапан впускной	$11^{+0,027}$ $11_{-0,06}^{-0,035}$	0,035… …0,087	0,20	0,40
4	Втулка направл. Клапана Клапан выпускной	$11^{+0,027}$ $11_{-0,090}^{-0,070}$	0,070… …0,117	0,20	0,40
5	Коромысло клапана Валик коромысел	$19_{+0,20}^{+0,053}$ $19_{-0,021}$	0,020… …0,074	0,12	0,35
6	Вкладыши шатунные Вал коленчатый	$68_{-0,010}^{+0,025}$ $68_{-0,090}^{-0,075}$	0,065… …0,115	0,135	0,30
7	Вкладыши коренные Вал коленчатый	$75_{-0,010}^{+0,031}$ $75_{-0,095}^{-0,080}$	0,070… …0,126	0,146	0,30
8	Втулка Фланец установочный топливного насоса	$50^{+0,027}$ $50_{-0,085}^{-0,050}$	0,050… …0,112	0,20	0,40
9	Втулка ведомой шестерни Палец ведомой шестерни	$18_{+0,030}^{+0,060}$ $18_{-0,012}$	0,030… …0,072	0,14	0,25
10	Втулка промежуточной шестерни	$40_{+0,025}^{+0,050}$ $40_{-0,025}$	0,025… …0,075	0,12	0,20

	Палец промежуточной шестерни				
11	Втулка распредвала Вал распределительный	$50^{+0,027}$ $50_{-0,085}^{-0,50}$	0,050… …0,112	0,17	0,40
12	Корпус масляного насоса (диам. Гнезд) Шестерня масляного насоса	$42,25_{+0,075}^{+0,160}$ $42,25_{-0,085}^{-0,050}$	0,125… …0,245	0,30	0,55
13	Корпус масляного насоса (глубина гнезд) Шестерня масляного насоса	$28^{+0,060}$ $28_{-0,070}^{-0,040}$	0,040… …0,130	0,16	0,20
14	Крышка корпуса ротора Ось ротора	$19^{+0,023}$ $19_{-0,070}^{-0,040}$	0,040… …0,093	0,12	0,20
15	Насадок Ось ротора	$19_{-0,084}^{-0,063}$ $19_{-0,143}^{-0,110}$	0,026… …0,080	0,10	0,20
16	Корпус ротора Ось ротора	$18^{+0,019}$ $18_{-0,055}^{-0,030}$	0,030… …0,074	0,10	0,18
17	Втулка шестерни Вал редуктора	$45,2^{+0,050}$ $42,1_{-0,085}^{-0,050}$	0,150… …0,235	0,35	0,60
18	Втулка толкателя Толкатель	$14^{+0,240}$ $14_{-0,240}^{-0,120}$	0,120… …0,480	0,80	1,00
19	Втулка специальная Плунжер	$13_{+0,120}^{-0,240}$ $13_{-0,360}^{-0,240}$	0,360… …0,600	0,80	1,20
20	Ступица Вал редуктора	$28^{+0,045}$ $27,8_{-0,095}^{-0,060}$	0,260… …0,340	0,50	0,70