



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

Е.М. Артеменко

НАДЕЖНОСТЬ КОЛЕСНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Методические указания к выполнению практических и контрольной работ по дисциплине «Надежность колесных и гусеничных машин» для всех форм обучения по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы»

Рубцовск 2021

УДК 629.113

Артеменко Е.М. Надежность колесных и гусеничных машин: методические указания к выполнению практических и контрольной работ по дисциплине «Надежность колесных и гусеничных машин» для всех форм обучения по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы» / Е.М. Артеменко; Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: РИИ, 2021. – 14 с.

Методические указания разработаны в соответствии с учебным планом дисциплины «Надежность колесных и гусеничных машин». Предназначены для использования обучающимися по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы» для выполнения практической и контрольной работ. 14 с

Рассмотрены и одобрены
на заседании каф. НТС
РИИ АлтГТУ
Протокол № 8 от 30,03,2021

Рецензент: зав. кафедрой ТиТМиПП к.т.н., доцент

В.В.Гриценко

Введение

Дисциплина «Надежность колесных и гусеничных машин» знакомит студентов, обучающихся по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические средства», с проблемами обеспечения и поддержания качества и надежности колесных и гусеничных машин на основных стадиях жизненного цикла: при изготовлении и эксплуатации.

Цель освоения дисциплины «Надежность колесных и гусеничных машин» – развитие профессиональной компетенции, в соответствии с которой обучающийся приобретает способность выполнять расчеты систем колесных и гусеничных машин.

В результате изучения курса «Надежность колесных и гусеничных машин» обучающийся должен уметь

- выполнять расчеты надежности компонентов колесных и гусеничных машин.

По окончании изучения курса студент способен выполнять расчеты систем колесных и гусеничных машин (выполняет расчеты надежности компонентов колесных и гусеничных машин)

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1 Анализ закономерностей изменений в деталях машин. Закономерности изнашивания

Рассчитать величину износа f_{ε_1} , f_{ε_2} , f_{ε_3} , общий износ ε . Построить кривую нарастания износа. Рассчитать скорость изнашивания. Рассчитать среднюю скорость изнашивания.

Задание

Вариант	t_1	t_2	t_3	a_1	a_2	a_3	b_1	b_3
1	2	6	7	2	10	15	2	3
2	3	7	8	2	10	15	2	3
3	4	8	9	2	10	15	2	3
4	5	9	10	2	10	15	2	3
5	6	7	11	2	10	15	2	3
6	7	8	12	3	11	17	3	4
7	8	9	13	3	11	17	3	4
8	9	10	14	3	11	17	3	4
9	2	3	15	3	11	17	3	4
10	3	4	16	3	11	17	3	4
11	4	5	17	4	12	19	4	5
12	5	6	18	4	12	19	4	5
13	6	7	19	4	12	19	4	5
14	7	8	20	4	12	19	4	5

Вариант	t_1	t_2	t_3	a_1	a_2	a_3	b_1	b_3
15	8	9	21	4	12	19	4	5
16	9	10	22	2	10	15	2	3
17	2	4	23	2	10	15	2	3
18	3	5	24	2	10	15	2	3
19	4	6	25	2	10	15	2	3
20	5	7	26	2	10	15	2	3

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику процессу изнашивания.
2. На какие группы подразделяются виды износа?
3. Опишите кривую нарастания износа на всех трех участках.

2. Методика сбора и обработки данных о надежности элементов колесных и гусеничных машин

Рассчитать точечную оценку наработки до отказа и вероятностную оценку случайной величины. Построить гистограмму, теоретическую кривую, интегральную функцию вероятности отказа и безотказной работы.

Задание

Вариант № 1

Наработка до отказа l_i , тыс. км

36	51	28	49	37	14	38
5	32	47	31	59	40	27
44	30	52	11	23	35	55
20	45	22	66	38	45	19
62	35	25	58	32	6	49

Вариант № 2

Наработка до отказа l_i , тыс. км

2	14	27	9	16	13	16
6	20	18	19	5	18	10
15	33	3	11	15	28	21
13	22	19	20	8	26	17
24	14	27	22	19	12	15

Вариант № 3

Наработка до отказа l_i , тыс. км

55	49	23	47	12	40	26
42	39	33	52	38	38	19
35	46	52	36	7	37	34
64	29	48	35	62	32	24
44	18	34	59	41	27	37

Вариант № 4

Наработка до отказа l_i , тыс. км

44	83	105	95	48	69	41
23	62	35	74	59	118	82
109	19	70	88	69	61	46
98	72	51	77	10	68	60
53	79	94	112	76	89	28

Вариант № 5

Наработка до отказа l_i , тыс. км

15	52	23	55	30	25	22
49	36	21	35	18	37	44
51	29	38	59	37	5	30
36	8	42	17	38	47	25
34	35	32	48	29	41	59

Вариант № 6

Наработка до отказа l_i , тыс. км

3	13	7	15	31	11	26
16	23	8	25	17	10	18
24	29	19	21	24	21	33
14	23	4	22	23	12	16
9	18	19	29	18	28	12

Вариант № 7

Наработка до отказа l_i , тыс. км

19	41	22	37	52	44	62
39	21	35	57	14	38	29
37	47	6	34	48	59	31
28	51	41	32	25	46	67
47	12	39	59	27	49	33

Вариант № 8

Наработка до отказа l_i , тыс. км

79	111	15	149	82	62	103
118	54	89	100	35	90	48
137	90	68	93	117	56	87
110	24	52	41	81	122	88
37	92	105	74	87	75	82

Вариант № 9

Наработка до отказа l_i , тыс. км

40	48	51	34	68	36	47
50	65	11	42	55	25	57
31	3	76	38	16	64	36
63	41	33	48	44	59	45
21	73	49	24	57	39	28

Вариант № 10

Наработка до отказа l_i , тыс. км

20	18	27	23	12	21	21
15	10	26	33	17	29	9
32	24	28	19	11	34	18
5	28	7	15	22	24	13
15	24	11	18	14	29	22

Вариант № 11

Наработка до отказа l_i , тыс. км

65	22	44	25	37	42	12
29	32	54	10	5	27	17
67	27	41	7	28	13	33
51	18	43	74	27	59	39
49	18	26	8	28	15	63

Вариант № 12

Наработка до отказа l_i , тыс. км

32	10	57	13	30	13	6
28	3	24	19	77	23	15
62	27	11	35	22	17	44
26	23	18	29	8	15	60
54	38	12	35	13	20	55

Вариант № 13

Наработка до отказа l_i , тыс. км

43	8	28	32	18	23	48
11	69	2	49	29	37	10
38	9	13	21	55	18	5
27	47	27	6	17	39	16
19	24	31	28	57	13	35

Вариант № 14

Наработка до отказа l_i , тыс. км

38	58	13	42	8	28	47
22	10	27	12	23	64	29
72	44	3	25	48	18	13
18	26	42	16	15	24	6
33	9	22	53	27	38	26

Вариант № 15

Наработка до отказа l_i , тыс. км

43	3	27	11	20	49	15
29	13	72	28	8	29	18
18	21	10	42	18	63	26
23	53	25	17	12	19	42
16	28	49	22	9	25	51

Вариант № 16

Наработка до отказа l_i , тыс. км

54	28	5	23	33	29	52
23	47	18	74	22	36	38
38	24	49	38	12	42	26
79	10	3	16	58	14	8
9	25	68	18	17	43	19

Вариант № 17

Наработка до отказа l_i , тыс. км

20	65	19	54	16	51	15
17	44	21	17	32	7	24
5	13	61	26	59	29	13
23	58	12	8	11	42	74
62	19	58	25	27	40	19

Вариант № 18

Наработка до отказа l_i , тыс. км

21	5	47	18	6	17	65
34	25	38	22	12	39	28
29	78	25	5	68	27	19
8	17	35	21	11	32	44
28	3	23	9	37	18	54

Вариант № 19

Наработка до отказа l_i , тыс. км

24	3	21	76	24	38	54
12	23	33	8	37	13	35
27	32	19	25	27	65	22
35	57	23	9	24	79	27
18	34	17	56	72	5	31

Вариант № 20

Наработка до отказа l_i , тыс. км

12	29	48	38	13	38	28
54	21	11	27	40	26	8
19	5	27	72	28	31	17
11	28	34	24	14	45	28
9	41	23	12	37	25	12

Контрольные вопросы

1. Какие законы распределения случайных величин существуют?
2. Каким образом определяется коэффициент вариации?
3. Что такое частота случайных величин?
4. Что такое частость случайных величин?
5. Какой закон распределения чаще всего используется при описании внезапных отказов, продолжительности ремонта?
6. Каким образом определяется размах случайной величины?
7. Какой критерий согласия используют при проверке совпадения опытного и теоретического законов распределения случайной величины по критерию согласия?

3 Определение предельного состояния деталей, сопряжений, узлов и механизмов машин

Найти предельное значение ресурса и его доверительные границы, продолжительность участков приработки, нормального и интенсивного изнашивания, а также скорость изнашивания

Задание

В результате исследований гильз цилиндров двигателя СМД-62 получен ранжированный статистический ряд. Найти предельное значение ресурса и его доверительные границы, продолжительность участков приработки, нормального и интенсивного изнашивания, а также скорость изнашивания на каждом из них. Предельное значение (размер) гильз цилиндров двигателя СМД-62 $U_{пр} = 220$ мк.

Ресурс, ч	Износ, мм	Ресурс, ч	Износ, мм	Ресурс, ч	Износ, мм
460	0,05	22000	0,07	33960	0,09
1280	0,06	22000	0,05	34560	0,07
2060	0,04	23570	0,05	35000	0,06
3050	0,03	23600	0,04	35010	0,12
3270	0,04	23660	0,05	37000	0,05
3800	0,11	24200	0,02	38000	0,12
4050	0,02	25180	0,13	39150	0,03
4140	0,00	25780	0,06	39800	0,03
6350	0,03	26130	0,14	41790	0,27
6800	0,05	26800	0,04	42700	0,08
7300	0,05	27200	0,03	44800	0,03
7800	0,07	27900	0,14	45620	0,12
9980	0,07	27980	0,05	46000	0,03
12800	0,03	28000	0,08	48000	0,18
14810	Разбита гильза	29080	0,03	48520	0,07
15600	0,05	29090	0,09	49860	0,07
15600	0,18	30700	0,05	49960	0,11
18290	0,02	30920	0,10	53400	0,45
19720	0,05	31050	Трещина	57500	0,10
20600	0,00	31180	0,06	61690	0,06
20960	0,06	31900	0,09	69000	0,22
21500	0,05	32150	0,26	73300	0,33
21600	0,12	32510	0,16		
22000	0,07	30300	0,03		

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику функциональной зависимости величин наработки и соответствующих износов.
2. Напишите формулу средней величины износов
3. Начертите кривую функциональной зависимости износа от наработки с доверительными границами.

4. Методы определения допустимых отклонений параметров технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса частей агрегатов

Выполните задание.

Задание

1. При обработке материала об износе сопряжения вкладыш — коренная шейка коленчатого вала в партии тракторных двигателей получены такие данные: средний ресурс $T_{\text{ср}}=5300$ ч, коэффициент вариации $v = 0,5$, показатель приработки $\Delta\Pi = 0,02$ мм, $\sigma_z \leq 0,05$.

Экономические характеристики следующие: издержки, связанные с устранением отказа, составили 10 руб., на предупредительную замену — $C = 9$ руб.

Согласно техническим условиям предельный зазор $\Pi_{\text{п}}= 0,30$, средний номинальный зазор $\Pi_{\text{н}}= 0,03$, $\alpha = 1,4$.

Требуется установить оптимальный допустимый зазор в сопряжении вкладыш — коренная шейка коленчатого вала при обеспечении минимума удельных издержек, если средняя межконтрольная наработка двигателя $t_{\text{м}}$ равна 2500 ч.

2. Найти оптимальную межконтрольную наработку $t_0^{\text{опт}}$, если известно $t_{\text{ср}} = 5000$ ч, $A = 10$, $C = 5$, издержки на диагностирование $B = 0,60$ руб.

3. Установлено, что изменение параметра технического состояния зазора подшипников скольжения аппроксимируется степенной функцией. При этом $\sigma_z > 0,07$, $\Pi_{\text{п}} = 0,37$ мм, $\Pi_{\text{н}}= 0,07$ мм, $\Delta\Pi = 0,04$, $\alpha = 4$.

Требуется определить допустимый зазор подшипников, обеспечивающий максимальную безотказность.

4. Определить остаточный ресурс деталей цилиндропоршневой группы двигателя до замены колец, если при диагностировании после наработки от начала испытаний $t_{\text{к}} = 1600$ ч расход газов, прорывающихся в картер, $\Pi(t_{\text{к}}) = 700$ см³/с. Предельный и номинальный расход газов $\Pi_{\text{п}} = 900$ см³/с и $\Pi_{\text{н}} = 280$ см³/с. Показатель степени $\alpha = 1,3$, $\Delta\Pi = 0$.

5. Определить остаточный ресурс цилиндропоршневой группы двигателя при доверительной вероятности $F_0(B) = 0,95$. Нарботка до контроля $t_{\text{к}} = 2000$ ч, расход газов, прорывающихся в картер, измеренный $\Pi(t_{\text{к}}) = 500$ см³/с, предельный $\Pi_{\text{п}} = 800$ см³/с, нормальный $\Pi_{\text{н}} = 280$ см³/с, $\alpha = 1,3$, $\Delta\Pi = 0$, $\sigma = 0,3$.

Контрольная работа

Ответы на вопросы должны сопровождаться поясняющими рисунками и схемами, с проставлением числовых обозначений составляющих элементов, на которые делается ссылка в тексте. Не допускается дословное переписывание ответов на вопросы с первоисточника. В этом случае работа возвращается студенту с отметкой «незачет».

Контрольная работа включает три теоретических вопроса. Номера контрольных вопросов выбираются студентом из приведенной ниже таблицы. Перечень контрольных вопросов по каждому варианту устанавливается в зависимости от последней цифры шифра и первой буквы фамилии студента.

Первая буква фамилии студента	Последняя цифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Л-Я	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	31	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	51	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Вопросы для контрольной работы

1. Требования к надежности колесных и гусеничных машин.
2. Параметры и показатели свойств надежности.
3. Классификация отказов.
4. Факторы, влияющие на надежность техники.
5. Причины возникновения отказов.
6. Конструкционные, производственные, эксплуатационные отказы.
7. Внешние факторы, действующие на надежность техники.
8. Закономерности изнашивания.
9. Способы защиты металлических сооружений от коррозии.
10. Отказы вибрационного происхождения и другие факторы, влияющие на надежность техники.
11. Основные задачи математической статистики.
12. Статистическая функция распределения.
13. Вычисление параметров эмпирического распределения случайной величины.
14. Закон нормального распределения.
15. Экспоненциальный закон распределения.
16. Закон распределения Вейбулла – Гнеденко.

17. Сравнение эмпирических и теоретических функций распределения частот по критериям согласия.
18. Критерий согласия Пирсона.
19. Критерий согласия Колмогорова.
20. Непараметрический метод.
21. Вероятность безотказной работы.
22. Плотность распределения отказов.
23. Интенсивность отказов.
24. Средняя наработка до отказа.
25. Зависимость основных характеристик надежности от действия определенного закона распределения.
26. Характеристики надежности ремонтируемых объектов.
27. Характеристики потока отказов.
28. Нарботка на отказ.
29. Среднее время восстановления.
30. Основные пути повышения надежности и ремонтпригодности машин.
31. Обеспечение надежности при проектировании.
32. Технологические методы надежности.
33. Эксплуатационные мероприятия по повышению надежности машин.
34. Требования, определяющие ремонтпригодность машин.
35. Повышение надежности машин при ремонте.
36. Определение оптимального межремонтного ресурса объектов.
37. Оптимальные периоды обслуживания и ремонта машин.
38. Повышение надежности машин путем резервирования.
39. Методы резервирования.
40. Определение предельного состояния деталей, сопряжений, узлов и механизмов машин.
41. Теоретическое обоснование предельных состояний посадок в сопряжения.
42. Определение предельного состояния сопряжения типа вал – подшипник.
43. Определение предельного состояния гильзы – плунжера топливного насоса дизельного двигателя.
44. Определение предельного состояния сопряжения поршень – цилиндр двигателя внутреннего сгорания.
45. Определение предельного состояния зазоров в подшипниках качения.
46. Определение предельного состояния шпоночных и шлицевых сопряжений.
47. Определение предельного состояния сопряжения вал – подшипник при вращательном и качательном движении.
48. Определение технических показателей ресурса методом индивидуального прогнозирования.
49. Методы определения допустимых отклонений параметров технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса частей агрегатов.

50. Определение технических показателей ресурса вероятностно-статистическим методом.

51. Прогнозирование ресурса методом максимального правдоподобия.

Список рекомендуемой литературы

1. И.Н. Животкевич, А.П. Смирнов Надежность технических изделий – М.: Олита, 2003 – 477с

2. Безопасность и надежность технических систем/ Л.Н. Александровская, И.З. Аронов и др.: Учеб. Пособие.- М.: Университетская книга. Логос. 2008. – 376с: ил

3. Диагностика и надежность автоматизированных систем: [текст] Учебник/ Б.М Брозовский, и др. – Старый Оскол: ТНТ, 2010 – 448с

4. Дынько А.В. Диагностика неисправностей автомобилей. – М.: ТИД КОНТИНЕНТ – Пресс, 2003. – 384 с.

5. Синопальников В.А. Надежность и диагностика технологических систем [текст]: Учебник / В.А. Синопальников, С.Н. Григорьев. – М.: Высшая школа., 2005 – 343с.

Составитель

Артеменко Елена Михайловна

НАДЕЖНОСТЬ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Методические указания к выполнению практических и контрольной работ по дисциплине «Надежность колесных и гусеничных машин» для всех форм обучения по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы»

Редактор Е.Ф. Изотова

Подготовка оригинала-макета О.В. Щекотихина

Подписано к печати..... Формат 60x84 /16.

Усл. печ. л. Тираж экз. Заказ Рег.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.