



Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановская государственная сельскохозяйственная
академия имени Д.К. Беляева»

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

ТЕРЕНТЬЕВ В.В.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ МАШИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

*методические указания для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06
«Агроинженерия» (магистратура)*

ИВАНОВО 2018

Автор: **Терентьев Владимир Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и механики

Рецензенты:

заведующий кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО ИГХТУ д.т.н., профессор **Колобов М.Ю.**

Заместитель начальника цеха производства по подготовке производства 13 ОАО «ИМЗ» Автокран» **Буров С.А.**

В настоящих методических указаниях представлена методика прогнозирования технического состояния машин и определения остаточного ресурса узлов технических средств по результатам проводимого диагностирования

Методические указания предназначены для обучающихся очной и заочной форм обучения, по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия», уровень высшего образования - магистратура.

Илл.- 1.

Табл.-7

Приложений – 8

Библ.– 4

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ НОМОГРАММЫ	6
1.1 Определение остаточного ресурса элемента при известной наработке	7
1.2 Определение остаточного ресурса элемента при не известной наработке от начала эксплуатации	10
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	14
2.1 Определение остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации	14
2.2 Определение остаточного ресурса когда неизвестна наработка от начала эксплуатации, но известна наработка между двумя последовательными диагностированиями	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	17
ПРИЛОЖЕНИЯ	18

ВВЕДЕНИЕ

Основой прогнозирования служит наука-прогностика, изучающая поведение прогнозируемых систем в зависимости от прогнозирующих параметров.

В настоящее время существуют три основных метода (стратегии) выполнения работы по ТО и ремонту машин:

- регламентный, в зависимости от наработки машины (планово-предупредительная система);
- по потребности после отказа;
- по параметрам технического состояния, с периодическим или непрерывным контролем.

Наиболее перспективной является стратегия проведения ТО и ремонтов по параметрам технического состояния. При данном методе учитываются индивидуальные особенности каждой единицы техники, особенности изнашивания узлов и агрегатов. При этом неотъемлемой частью данного метода организации ТО и ремонтов является прогнозирование технического состояния и остаточного ресурса машин по результатам диагностирования.

Остаточным ресурсом называют наработку от момента контроля элемента машины до наступления его предельного состояния, отказа по определенному параметру. Остаточный ресурс обычно определяют по ресурсным элементам, обуславливающим проведение ремонта механизма (агрегата) машины. Отличительной особенностью определения остаточного ресурса является то, что его определяют индивидуально по конкретному элементу на основе динамики его параметров состояния. Использование данного метода позволяет в 1,5-2 раза снизить число отказов или увеличить фактически использованный ресурс диагностируемых элементов.

Остаточный ресурс определяют для различных соединений, узлов и

агрегатов машин по их ресурсным параметрам. Это обеспечивает более полное использование ресурса при высокой безотказности диагностируемых элементов.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ НОМОГРАММЫ

При пользовании номограммой необходимо учитывать характеристики шкал.

Верхняя часть номограммы. Вертикальная шкала слева используется для значений предельного значения параметра $U_n = P_n - P_n$, или изменения параметра к моменту второго контроля $U'' = P'' - P'$. Правая вертикальная шкала есть шкала остаточного ресурса $t_{ост}$. Горизонтальная шкала применяется для определения значений $t_{ост}/t$ или R (2-й случай), где t — наработка.

Нижняя часть номограммы. Каждая из шкал $t_{ост}/t$ или K (2-й случай) применяется при заданном значении показателя степени α (значения показателя даны около шкал). По шкале $K—R$ (2-й случай) определяются значения показателя R при соответствующем значении K (При отсчете значений следует учитывать, что значения по шкале увеличиваются справа налево).

При выполнении действий по номограмме принимать одни и те же единицы измерения параметра (в сотых, десятых долях, десятках или сотнях) и наработки (в десятках, сотнях или тысячах и т. д. единиц) так, чтобы они соответствовали порядку цифр на шкалах и линиях. Например, при предельном изменении параметра $U_n = 0,20$ мм и изменении параметра к моменту контроля $U(t) = P - P_n = 0,15$ мм следует на один и тот же порядок изменить два числа, приняв $U_n = 2$ десятым мм и $U(t) = 1,5$ мм (в десятых долях), с тем, чтобы $U_n = 2$ можно отметить на верхней левой шкале номограммы, имеющий интервал значений от 1 до 10.

1.1 Определение остаточного ресурса элемента при известной наработке

Известна наработка t от начала эксплуатации, когда параметр контролируемого элемента машины имел номинальное значение (случай 1).

Последовательность определения остаточного ресурса $t_{\text{ост}}$: $U_{\text{п}} \rightarrow U(t)$ [наклонные линии] $\rightarrow t_{\text{ост}}/t$ [шкала для заданного α] $\rightarrow t_{\text{ост}}/t$ [верхняя шкала] $\rightarrow t$ [наклонные линии] $\rightarrow t_{\text{ост}}$.

а) вычислить изменение параметра к моменту контроля по формуле:

$$U(t) = P - P_{\text{н}} \quad (1.1)$$

где P – значение параметра в момент контроля, ед. параметра;

$P_{\text{н}}$ – номинальное значение параметра, ед. параметра.

Необходимо брать **абсолютное** значение параметра без учета знака

б) определить предельное изменение параметра:

$$U_{\text{п}} = P_{\text{п}} - P_{\text{н}}, \quad (1.2)$$

где $P_{\text{п}}$ – предельное значение параметра, ед. параметра.

в) отметить на шкале $U_{\text{п}}$ верхней части номограммы значение $U_{\text{п}}$ (точка A) (см. номограмму, приложение 1) в сотых, десятых долях или десятках единиц, провести горизонталь AB до наклонной линии, обозначенной значением $U(t)$ в тех же единицах, затем опустить вертикаль BB в нижнюю

часть номограммы до шкалы, обозначенной заданным значением α . Определить по шкале численное значение, соответствующее точке B , и перенести это значение на верхнюю шкалу верхней части номограммы (точка B'). От точки B' опустить вертикаль $B'Г$ до наклонной линии, отмеченной значением наработки t в тысячах, сотнях или десятках единиц, и затем вести горизонталь $ГД$ до шкалы $t_{\text{ост}}$. Соответствующее точке $Д$ значение по шкале и есть искомый остаточный ресурс в тех же единицах наработки.

Пример 1.

Определить остаточный ресурс цилиндрично-поршневой группы двигателя СМД-14 до замены колец, если при диагностировании после наработки от начала эксплуатации $t = 1600$ мото-ч, расход газов, прорывающихся в картер, оказался равным $П = 68$ л/мин.

Предельный и номинальный расходы газов соответственно равны $П_{\text{п}} = 90$ л/мин и $П_{\text{н}} = 28$ л/мин. Показатель степени $\alpha = 1,3$ (приложение 1)

Решение. Так как наработка от начала эксплуатации известна, то остаточный ресурс определяем с учетом случая 1. Вычисляем предельное изменение параметра:

$$U_{\text{п}} = 90 - 28 = 62 \text{ л/мин.}$$

Вычисляем изменение параметра к моменту диагностирования:

$$U(t) = 68 - 28 = 40 \text{ л/мин.}$$

Отмечаем на оси $U_{\text{п}}$ значение $U_{\text{п}} = 62$ в десятках единиц (6,2; точка A).

От точки A ведем горизонталь до наклонной прямой, обозначение которой соответствует $U(t) = 40$ в тех же десятках единиц (4,0; точка B).

От точки B опускаем вертикаль в нижнюю часть номограммы до шкалы, обозначенной $\alpha = 1,3$ (точка B), и определяем отношение $t_{\text{ост}}/t = 0,39$.

Переносим полученное значение $0,39$ на верхнюю шкалу номограммы (точка B').

От точки B' опускаем вертикаль до наклонной прямой, обозначение которой соответствует величине наработки $t = 1,6$ (в тысячах единиц, точка Γ).

От точки Γ ведем горизонталь вправо до оси $t_{\text{ост}}$ (точка D). Соответствующее точке D значение искомого остаточного ресурса в тех же единицах наработки будет $t_{\text{ост}} = 0,64$ тыс. мото-ч или $t_{\text{ост}} = 640$ мото-ч.

Если при определении остаточного ресурса при ТО-3 найдено, что значение $t_{\text{ост}}/t$ (точка B на номограмме) больше 1, то численное значение остаточного ресурса можно не определять, так как оно всегда будет больше наработки с начала эксплуатации t . Например, если t равно 1000 мото-ч, то $t_{\text{ост}}$ будет больше 1000 мото-ч.

Пример 2.

В условиях предыдущего примера определить $t_{\text{ост}}$, если $\Pi = 52$ л/мин.

Решение.

$$U(t) = 52 - 28 = 24 \text{ л/мин.}$$

$$U_{\Pi} = 90 - 28 = 62 \text{ л/мин.}$$

По номограмме имеем: $t_{\text{ост}}/t = 1,06$ [шкала $t_{\text{ост}}/t$ при $\alpha = 1,3$] находим, что $t_{\text{ост}}/t$ больше 1. Поэтому делаем заключение, что остаточный ресурс больше 1000 мото-ч, т. е. наработки до следующего контроля.

Пример 3.

В условиях примера 1 определить $t_{\text{ост}}$, если $t = 3$ тыс. мото-ч.

Решение. Все действия до точки B' аналогичны действиям в примере 1. Вертикаль от точки B' не может пересечь наклонную прямую, обозначенную значением $t = 3$ (в тыс. мото-ч). Поэтому выражаем наработку в десятках тысяч единиц ($t = 0,3$ десятков тыс. мото-ч) и от точки B' опускаем вертикаль до точки Γ' , от которой ведем горизонталь и находим $t_{\text{ост}} = 0,116$ в тех же единицах или с учетом изменения порядка $t_{\text{ост}} = 1,16$ тыс. мото-ч.

Задание. С помощью универсальной номограммы, представленной в приложении А в соответствии с индивидуальным заданием, выданным преподавателем (см. приложение Б) решить задачи, условие которых представлено в приложении В.. Необходимые справочные данные для решения взять из приложений Г, Д, Е).

1.2 Определение остаточного ресурса элемента при не известной наработке от начала эксплуатации

Неизвестна наработка от начала эксплуатации, когда параметр состояния контролируемого элемента имел номинальное значение (случай 2).

Прогнозирование остаточного ресурса производится при условии известного значения параметра в момент предыдущего контроля $П'$, известной наработки t' от этого контроля.

Последовательность определения остаточного ресурса по номограмме:

1. $U_{\text{п}} \rightarrow U''$ [наклонные линии] $\rightarrow t_{\text{ост}}/t$ [шкала для заданного α] $\rightarrow t_{\text{ост}}/t$ [верхняя шкала] $\rightarrow t'$ [наклонные линии] $\rightarrow t'_{\text{ост}}$.

2. $U'' \rightarrow U'$ [наклонные линии] $\rightarrow K$ [шкала для заданного α] $\rightarrow R$ [шкала $K-R$] $\rightarrow t'_{\text{ост}}$ [верхняя шкала] $\rightarrow t'_{\text{ост}}$ [наклонные линии] $\rightarrow t_{\text{ост}}$.

а) Вычислить предельное изменение параметра:

$$U_{\Pi} = \Pi_{\Pi} - \Pi_{\Pi}, \quad (1.3)$$

б) Определить изменение параметра к моменту первого и второго контроля:

$$U' = \Pi' - \Pi_{\Pi}; \quad (1.4)$$

$$U'' = \Pi'' - \Pi_{\Pi}, \quad (1.5)$$

где Π ; Π'' – значение параметров в момент соответственно первого и второго контроля, ед. параметра.

в) определить значение $t'_{\text{ост}}$ в последовательности, аналогичной определению $t_{\text{ост}}$ в случае 1, но с использованием вместо $U(t) — U''$, а вместо $t — t'$.

г) Отметить на шкале U_{Π} или U'' значение U''' , провести горизонталь до наклонной линии, обозначенной значением U' , затем опустить вертикаль в нижнюю часть номограммы до шкалы для заданного α , по которой определить значение коэффициента K . На самой нижней горизонтальной шкале $K — R$ определить значение R , соответствующее найденному значению K ;

д) Перемножить ранее найденные значения $t'_{\text{ост}}$ и R . Произведение будет искомым остаточным ресурсом. При использовании номограммы на верхней ее шкале отметить один из сомножителей, опустить вертикаль до наклонной линии, обозначенной значением второго сомножителя (с изменением при необходимости порядка чисел), и провести горизонталь до оси $t_{\text{ост}}$. Найденное значение $t_{\text{ост}}$ есть искомый остаточный ресурс.

Пример 4.

Определить остаточный ресурс одной из рабочих передач КП трактора, если диагностированием при первом ТО-3 после ремонта определен суммарный угловой зазор $\Pi' = 2,5^\circ$. При втором ТО-3 после наработки $t' = 1$ тыс. мото-ч определено значение углового зазора $\Pi'' = 4,5^\circ$. Номинальное (для нового трактора) и предельное значения углового зазора соответственно равны $\Pi_n = 1^\circ$ и $\Pi_n = 6^\circ$. Показатель степени $\alpha = 1,5$ (приложение 3).

Решение. Вычисляем предельное изменение параметра:

$$U_n = 6 - 1 = 5^\circ.$$

Определяем изменение параметра к моменту первого контроля:

$$U' = 2,5 - 1 = 1,5^\circ.$$

Определяем изменение параметра к моменту второго контроля:

$$U'' = 4,5 - 1 = 3,5^\circ.$$

В полной аналогии с решением примера 1 определяем величину $t'_{\text{ост}} = 290$ мото-ч, используя при этом данные: U_n , U'' , α и t' .

Отмечаем значение $U'' = 3,5$, проводим горизонталь до наклонной линии (или до точки между ними), обозначенной значением $U' = 1,5$, затем опускаем вертикаль в нижнюю часть номограммы до шкалы с заданным $\alpha = 1,5$. Соответствующее этой точке значение K на шкале (0,77) откладываем на шкале $K-R$ и напротив значения K определяем значение $R = 2,3$.

Умножаем $t'_{\text{ост}}$ на R , определяем остаточный ресурс:

$$t_{\text{ост}} = 290 \cdot 2,3 = 667 \text{ мото-ч.}$$

При использовании номограммы отмечаем найденное значение R на верхней ее шкале, от точки опускаем вертикаль до наклонной линии, соответствующей ранее найденной величине $t'_{\text{ост}} = 290$ мото-ч в сотнях единиц (2,9), от этой точки проводим горизонталь до оси $t_{\text{ост}}$ и определяем $t_{\text{ост}} = 667$ мото-ч.

Если при определении остаточного ресурса после наработки до ТО-3 найдено, что значение $K = t'_{\text{ост}} / t$ (нижняя шкала при заданном α) больше 1, то численное значение остаточного ресурса можно не определять, так как оно будет больше t' – наработки между ТО-3. В этом случае следует сделать заключение о том, что остаточный ресурс больше наработки до ТО-3 и контролируемый элемент можно оставить на этот период эксплуатации без каких-либо воздействий (регулировки, ремонта). В случае, когда показатель степени $\alpha=1$, можно для сокращения действий определять остаточный ресурс по схеме случая 1 (когда наработка от начала эксплуатации известна). Тогда вместо P_n используется P' , вместо $P-P_n$, а вместо $t - t'$.

Задание. С помощью универсальной номограммы, представленной в приложении А в соответствии с индивидуальным заданием, выданным преподавателем (см. приложение Ж) решить задачи, условие которых представлено в приложении И.. Необходимые справочные данные для решения взять из приложений Г, Д, Е).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

2.1 Определение остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации

Известна наработка t от начала эксплуатации, когда параметр контролируемого элемента машины имел номинальное значение (случай 1).

Так как наработка от начала эксплуатации известна, то остаточный ресурс определяется по формуле:

$$t_{ocm} = t \cdot [(U_{\pi} / U(t))^{\alpha} - 1], \quad (2.1)$$

где t – наработка от начала эксплуатации, ед. наработки;

U_{π} – предельное изменение параметра, ед. параметра;

$U(t)$ – изменение параметра к моменту контроля, ед. параметра;

α – показатель степени функции изменения параметра.

Предельное изменение параметра определяется по формуле:

$$U_{\pi} = \Pi_{\pi} - \Pi_{н.}, \quad (2.2)$$

где Π_{π} – предельное значение параметра, ед. параметра.

$\Pi_{н.}$ – номинальное значение параметра, ед. параметра.

Изменение параметра к моменту контроля определяется по формуле:

$$U(t) = \Pi - \Pi_{н.}, \quad (2.3)$$

где Π – значение параметра в момент контроля, ед. параметра.

Задание. В соответствии с индивидуальным заданием, выданным преподавателем (см. приложение Б) решить задачи, условие которых представлено в приложении В.. Необходимые справочные данные для решения взять из приложений Г, Д, Е).

2.2 Определение остаточного ресурса когда неизвестна наработка от начала эксплуатации, но известна наработка между двумя последовательными диагностированиями

Неизвестна наработка от начала эксплуатации, когда параметр состояния контролируемого элемента имел номинальное значение (случай 2).

Так как наработка от начала эксплуатации неизвестна, то остаточный ресурс определяем по формуле:

$$t_{ocm} = R \cdot t_{ocm}', \quad (2.4)$$

где R – коэффициент, учитывающий темп износа сопряжений;

t_{ocm}' – условный остаточный ресурс, ед.наработки.

Коэффициент, учитывающий темп износа сопряжений, определяется по формуле:

$$R = \frac{1}{\left(\frac{U''}{U'}\right)^{1/\alpha} - 1} + 1, \quad (2.5)$$

где U'' – изменение параметра к моменту второго контроля, ед. параметра;
 U' – изменение параметра к моменту первого контроля, ед. параметра.

Изменение параметра к моменту второго контроля определяется по формуле:

$$u'' = P'' - P_n. \quad (2.6)$$

Изменение параметра к моменту первого контроля определяется по формуле:

$$u' = P' - P_n. \quad (2.7)$$

Условный остаточный ресурс определится по формуле:

$$t_{ocm}' = t' \cdot [(U_n / U'')^{1/\alpha} - 1], \quad (2.8)$$

где U_n – предельное изменение параметра, ед. параметра.

Предельное изменение параметра определяется по формуле (2.2).

Задание. В соответствии с индивидуальным заданием, выданным преподавателем (см. приложение Ж) записать исходные данные, по которым решить задачи, условие которых представлено в приложении И.. Необходимые справочные данные для решения взять из приложений Г, Д, Е).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьин А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш.учеб.заведений/А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др.– М.: Издательский центр «Академия», 2008.-432 с., ISBN 978-5-7695-3985-5/
2. Аллилуев В. А., Ананьин А. Д., Михлин В. М. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка /В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин – М.: Агропромиздат, 1991.-367 с.: ил.– (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений), ISBN 5-10-001525-X.
3. Аллилуев В.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка /В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, А.Х. Морозов.– М.: Агропромиздат, 1987.– 304 с.: ил.– (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
4. Саньков В.М. Основы эксплуатации транспортных и технологических машин и оборудования/ В.М. Саньков., В.А. Евграфов., Н.И. Юрченко – М.: Колос, 2001.– 256 с.: ил.– (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений), ISBN 5-10-003496-3.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение Б

Варианты индивидуальных заданий для задач (случай 1)

Наименование показателя		Номер варианта																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Марка трактора		К-700	Т-150К	Т-150	Т-4А	ДТ-75М	ЮМЗ-6Л	Т-25	Т-16М	Т-4	Т-130	К-700	Т-150К	Т-150	Т-4А	ДТ-75М	ЮМЗ-6Л	Т-25	Т-16М	Т-4	Т-130
Марка двигателя		ЯМЗ-238 НБ	СМД-62	СМД-60	А-01М	А-41	Д-65Н	Д-21	Д-21	А-01	Д-130	ЯМЗ-238 НБ	СМД-62	СМД-60	А-01М	А-41	Д-65Н	Д-21	Д-21	А-01	Д-130
Наработка машины от начала эксплуатации, t , мото-ч.		1200	1300	1400	1250	1320	1460	1150	1020	1100	1400	1450	1130	1215	1050	1260	1500	1530	1415	1225	1200
Значение параметра в момент контроля, Π , л/мин, мм, кг/ч, град.п.к.в.	задача 1	150	100	115	85	90	40	20	15	135	115	100	140	80	130	60	30	35	27	110	95
	задача 2	0,8	0,7	0,5	0,6	0,4	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5
	задача 3	0,3	0,35	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,08	0,3	0,35	0,6	0,18	0,4	0,6	0,28	0,15	0,06	0,12	0,25	0,5
	задача 4	2	1,5	3	1,8	1,6	1,4	3,1	2,4	1,7	3,3	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2
Номер рабочей передачи		1	2	4	5	6	3	7	8	8	7	5	2	1	3	6	4	5	3	4	6

Приложение В

Условие задачи

(случай 1 – при известной наработке от начала эксплуатации)

Задача 1

Определить остаточный ресурс цилиндро-поршневой группы двигателя до замены колец, если при диагностировании после наработки от начала эксплуатации t , расход газов, прорывающихся в картер, оказался равным $П$.

Задача 2

Определить остаточный ресурс кривошипно-шатунного механизма двигателя до замены вкладышей, если при диагностировании после наработки от начала эксплуатации t , суммарный зазор в подшипниках, оказался равным $П$.

Задача 3

Определить остаточный ресурс цилиндро-поршневой группы двигателя до замены колец, если при диагностировании после наработки от начала эксплуатации t , расход масла на угар, оказался равным $П$.

Задача 4

Определить остаточный ресурс одной из рабочих передач КП двигателя трактора Т-4А, если при диагностировании после наработки от начала эксплуатации t , суммарный угловой зазор, оказался равным $П$.

Приложение Г

Показатели степени функции изменения параметра

№ п.п	Наименование параметра состояния узла	Показатель α
1	Расход газов, прорывающихся в картер	1,3
2	Угар масла	1,8
3	Мощность двигателя	0,8
4	Износ плунжерных пар	1,1
5	Зазор между клапаном и коромыслом механизма газораспределения	1,1
6	Утопание клапанов	1,6
7	Зазоры в кривошипно-шатунном механизме	1,1...1,6
8	Износ кулачков распределительного вала	1,1
9	Радиальный зазор в подшипниках качения и скольжения	1,5
10	Износ посадочных гнезд подшипников корпусных деталей	1,0...1,5
11	Износ зубьев шестерен по толщине	1,4
12	Износ валиков пальцев и осей	1,1
13	Износ шлицевых соединений	1,0
14	Износ накладок тормозов и дисков муфт сцепления	1,0
15	Удлинение шага гусеничной и втулочно-роликовой цепи	1,0
16	Износ катков направляющих колес ходовой системы гусеничных машин	1,0
17	Расход топлива	0,9
18	Неравномерность топливоподачи	1,0
19	Износ соединения гильза-поршень	1,3
20	Износ шатунных и коренных подшипников двигателя	1,1

Приложение Д

Значение расхода картерных газов через неплотности ЦПГ

Марка двигателя	Расход картерных газов, л/мин.	
	Номинальный, P_n	Предельный, P_p
ЯМЗ-238НБ	72	180
СМД-60	62	150
СМД-62	65	160
А-01	48	145
А-01М	50	150
А-41	34	105
Д-130	46	140
Д-65Н	25	75
Д-21	14	43

Значение суммарных зазоров в подшипниках КШМ

Марка двигателя	Зазор, мм.	
	Номинальный, P_n	Предельный, P_p
ЯМЗ-238НБ	0,18	0,95
СМД-60	0,21	0,90
СМД-62	0,21	0,90
А-01	0,19	0,90
А-01М	0,19	0,90
А-41	0,19	0,90
Д-130	0,21	1,00
Д-65Н	0,16	0,85
Д-21	0,14	0,85

Продолжение приложения Е
Значение расхода масла на угар

Марка двигателя	Расход масла на угар, кг/ч.	
	Номинальный, $П_n$	Предельный, $П_p$
ЯМЗ-238НБ	0,250	0,750
СМД-60	0,175	0,450
СМД-62	0,175	0,450
А-01	0,200	0,640
А-01М	0,200	0,640
А-41	0,250	0,450
Д-130	0,250	0,640
Д-65Н	0,060	0,250
Д-21	0,040	0,150

Значение суммарных зазоров в механизмах силовой передачи трактора
Т -4А

Передача	Зазор, град.п.к.в.	
	Номинальный, $П_n$	Предельный, $П_p$
1	0,25	3
2	0,28	3
3	0,32	3,42
4	0,35	3,5
5	0,25	3,25
6	0,3	3,33
7	0,32	3,67
8	0,37	3,83
Конечная передача	0,1	0,67

Приложение Ж

Варианты индивидуальных заданий для задач (случай 2)

Исходные данные	Номер варианта																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 задача																				
Наработка, t , мото-ч.	600	500	1000	100	200	300	400	700	800	900	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1200	1100	1000
Значение параметра, Π , л/мин.	100	90	100	60	60	30	20	15	90	100	90	130	70	120	50	30	30	22	100	90
Значение параметра, Π'' , л/мин.	110	110	115	85	90	40	30	18	140	120	110	150	90	130	70	40	40	28	120	110
2 задача																				
Наработка, t , мото-ч.	1200	1300	1400	1500	1600	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	300	500	700	900	1100
Значение параметра, Π , мм.	0,7	0,6	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,3	0,5	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,6	0,4
Значение параметра, Π'' , мм.	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,8	0,6
3 задача																				
Наработка, t , мото-ч.	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800	700	600	500	600	700	900	1100	1300	1500	800	1000	1200
Значение параметра, Π , кг/ч.	0,28	0,3	0,2	0,4	0,25	0,08	0,05	0,07	0,2	0,2	0,4	0,18	0,3	0,5	0,27	0,1	0,05	0,1	0,15	0,4
Значение параметра, Π'' , кг/ч.	0,4	0,35	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,08	0,3	0,4	0,6	0,19	0,4	0,6	0,3	0,15	0,06	0,12	0,25	0,5
4 задача																				
Наработка, t , мото-ч.	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800	700	600	1300	1500	1100
Значение параметра, Π , град.п.к.в.	1,5	1,0	2,0	1,5	1,4	1,3	2,0	2,3	1,4	3,2	1,0	1,0	1,2	2,0	1,5	2,0	1,2	1,5	1,3	2,3
Значение параметра, Π'' , град.п.к.в.	2,0	1,5	3,0	1,8	1,6	1,4	3,0	2,4	1,7	3,3	1,1	1,2	1,3	2,1	2,3	2,6	2,7	2,8	2,6	3,0
Номер рабочей передачи	1	2	4	5	6	3	7	8	8	7	5	2	1	3	6	4	5	3	4	6

Приложение И

Условие задачи

(случай 2 – при не известной наработке от начала эксплуатации)

Задача 1

Определить остаточный ресурс цилиндро-поршневой группы двигателя до замены колец, если при диагностировании при первом ТО-3, расход газов, прорывающихся в картер, оказался равным Π' . При втором диагностировании после наработки t' прорыв газов в картер составил Π'' .

Задача 2

Определить остаточный ресурс кривошипно-шатунного механизма двигателя до замены вкладышей, если при диагностировании при первом ТО-3, после ремонта суммарный зазор в подшипниках составил Π' . При втором диагностировании после наработки t' зазор составил Π'' .

Задача 3

Определить остаточный ресурс цилиндро-поршневой группы двигателя до замены колец, если при первом диагностировании расход масла на угар оказался равным Π' . При втором диагностировании после наработки t' расход масла на угар составил Π'' .

Задача 4

Определить остаточный ресурс одной из рабочих передач КПП двигателя трактора Т-4А, если при первом диагностировании суммарный угловой зазор, оказался равным Π' . При втором диагностировании после наработки t' суммарный угловой зазор составил Π'' .