

Выбраковка подверженных износу деталей трансмиссии тракторов ОТЗ при текущем ремонте

В. Н. Шиловский¹

Петрозаводский государственный университет

Представлены методические положения по разработке технических условий на выбраковку подверженных износу деталей трансмиссии тракторов ТДТ-55А и ТБ-1М при текущем ремонте.

Приведены примеры определения отсутствующих в производственной практике технических условий выбраковки конкретных деталей трансмиссии тракторов при их текущем ремонте, внедрение которых повысит экономическую эффективность технической эксплуатации лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: износ, остаточный ресурс, выбраковка, предельный и допустимый размеры, межконтрольная наработка.

Процесс определения рационального момента выбраковки детали предполагает прогнозирование изменения ее размера (параметра) при дальнейшей ее эксплуатации и с учетом вариации интенсивности изменения и предельной величины параметра дает возможность предсказать остаточный ресурс детали до отказа.

При проведении текущего ремонта агрегатов трансмиссии - коробки передач, заднего моста и др. предусматривается измерение износа его составных частей с целью определения их остаточного ресурса и осуществления обоснованной замены.

Замену составных частей агрегата производят при достижении величины их износа, соответствующей предельному размеру (U_n) или минимально допустимому размеру детали (U_{\min}), при котором средний остаточный ее ресурс ($t_{\text{ост}}^{\text{cp}}$) меньше межконтрольной наработки (t_m), то есть $t_{\text{ост}}^{\text{cp}} < t_m$.

Согласно работе [1], средний остаточный ресурс составной части вычисляют по приближенной формуле

$$t_{\text{ост}}^{\text{cp}} = t_k \left[\left(\frac{U_n}{U_k} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \cdot K_t, \quad (1)$$

где t_k - наработка составной части от начала ее эксплуатации (от момента после ремонта) до момента контроля;

U_n - предельное изменение (уменьшение) параметра;

$$U_n = |P_n - P_n| - \Delta P \quad (2)$$

где P_n - предельное значение параметра;

P_n - номинальное значение параметра;

ΔP - величина изменения параметра за период приработки.

В основе своей U_n представляет собой абсолютное значение разности P_n и P_n .

U_k - изменение (уменьшение) параметра при наработке t_k ;

$$U_k = |P_k - P_n| - \Delta P, \quad (3)$$

где P_k - измеренное значение параметра при наработке t_k ;

α - величина, характеризующая скорость изменения износа;

K_t - поправочный коэффициент;

$$K_t = 1 + t_m^\alpha \left(\frac{U_k}{U_n \cdot t_k^\alpha} - \frac{1}{\sqrt{\alpha} \cdot T_{\text{cp}}^\alpha} \right). \quad (4)$$

$$\cdot \sqrt{1 - \frac{U_k}{U_n} (48\sigma_z - 0,5) \frac{1,4}{1+\nu}},$$

где t_m - межконтрольная наработка;

T_{cp} - средний ресурс детали;

σ_z - среднее квадратичное отклонение изменения параметра от аппроксимирующей функции, нормированное в долях отклонения параметра;

ν - коэффициент вариации ресурса.

Величина t_k , при которой возможен контроль всех составляющих агрегата, определяется как его средне-статистическая наработка от начала эксплуатации до поступления в ремонт в ремонтно-механические мастерские (РММ), в условиях которых измеряется величина износа:

$$t_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{t_i^{\text{ар}}}{n_i + 1}, \quad (5)$$

где $t_i^{\text{ар}}$ - наработка агрегата за период наблюдений до капитального ремонта или списания i -го трактора, мото-ч;

n_i - число сложных ремонтов агрегатов i -го трактора в условиях РММ со снятием его с машины и заменой ряда деталей;

N - число подконтрольных тракторов.

¹ Автор - доцент кафедры технологии металлов и ремонта

Межконтрольная наработка t_m , при которой возможен доступ к отдельным деталям и их контроль (наработка между ремонтами отдельных деталей агрегата), определяется как среднестатистическая наработка агрегата между его текущими ремонтами, при которых заменялись или восстанавливались отдельные единичные детали агрегата в РММ или на мастерском участке с частичной разборкой или без разборки агрегата как снятого, так и не снятого с трактора.

$$t_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{t_i^{ar}}{m_i + 1}, \quad (6)$$

где m_i - число устранения отказов отдельных единичных деталей агрегата i -го трактора.

В табл. 1 приведены значения обоих видов межконтрольной наработки, определенные по результатам испытаний тракторов ОТЗ на надежность в условиях лесозаготовительных предприятий объединения "Камелеспром".

Таблица 1

Межконтрольная наработка агрегатов трансмиссии тракторов ОТЗ (ТДТ-55А, ТБ-1)

Наименование агрегата											
Коробка передач				Главная передача				Бортовая передача			
Коэффициенты вариации (ν) и величина наработки (t), мото-ч											
t_k	ν	t_m	ν	t_k	ν	t_m	ν	t_k	ν	t_m	ν
2250	0,54	1030	0,65	2110	0,48	980	0,56	1830	0,56	1130	0,59

Средний ресурс (T_{cp}) отдельных деталей агрегатов и коэффициент вариации ресурса (ν) определяются согласно методике, изложенной в работе [2].

В табл. 2 приведены средний ресурс и коэффициент вариации деталей коробки передач и заднего моста по результатам упомянутых выше испытаний тракторов на надежность в условиях рядовой эксплуатации.

Таблица 2

Средние ресурсы отдельных деталей агрегатов трансмиссии трелевочных тракторов ОТЗ (ТДТ-55А, ТБ-1)

Номер детали	Наименование детали, узла	Средний ресурс (T_{cp}), мото-ч	Коэффициент вариации (ν)
1	2	3	4
Коробка передач			
55-12-6	Шестерня ведомая 2-й передачи	5260	0,40
55-12-8	Шестерня подвижная 4-й и 5-й передач	5670	0,26
55-12-130	Шестерня ведомая 3-й передачи	5290	0,40
55-12-131	Шестерня подвижная 1-й передачи	4750	0,43
Блок заднего моста			
55-15-9-А1	Шестерня ведущая бортовой передачи	9450	0,43
55-15-22-1	Шестерня ведомая бортовой передачи	5270	0,49
55-13-1	Барaban ведомый бортового фрикциона	6850	0,36
12-13-4	Диск ведущий бортового фрикциона	4530	0,31

Предельное отклонение параметра (U_n) определяется из условий предельного состояния деталей, оговоренных в работах [3, 4].

В табл. 3 приведены результаты расчетов предельного отклонения (уменьшения размера) для деталей коробки передач и заднего моста трактора ТБ-1М.

Величина $\Delta\Pi$ при отсутствии экспериментальных данных, согласно работе [1], определяется по выражению

$$\Delta\Pi = 0,1|\Pi_n - \Pi_n|, \quad (7)$$

Измерение величины износа при наработке t_k (или

t_m) выполняется при очередном текущем ремонте согласно рекомендациям работы [5]. Величина, характеризующая скорость износа (α), определяется согласно работе [6], в соответствии с рекомендациями которой для деталей типа шестерни $\alpha = 1,5$.

С учетом данных табл. 1-3 введем отношения:

$T_0 = \frac{T_{cp}}{t_m}$, $C = \frac{t_k}{t_m}$, $\frac{U_k}{U_n}$ и $\frac{t_{ocm}^{cp}}{t_m}$, которые позволяют преобразовать формулу (1) в выражение вида

$$\frac{t_{ocm}^{cp}}{t_m} = C \left[\left(\frac{U_n}{U_k} \right)^\alpha - 1 \right] \cdot \left[1 + \left(\frac{U_k}{U_n} \cdot \frac{1}{C^\alpha} - \frac{1}{\sqrt{\alpha} \cdot T_0^\alpha} \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{U_k}{U_n} (48\sigma_z - 0,5) \frac{1,4}{1+\nu}} \right] \quad (8)$$

Величины T_0 и C определяем из результатов наблюдений за подконтрольными тракторами в условиях рядовой эксплуатации.

Согласно табл. 1 и 2 для деталей коробки передач и блока заднего моста T_0 принимает значения (с округлением до целых цифр), равные 3, 4, 5, а величина C - значения, равные 2, 3, 4.

Отношение $\frac{U_k}{U_n}$ определяется при текущем ремонте

измерением величины U_k и данными табл. 3. Отношение $\frac{U_k}{U_n}$ изменяется в пределах $0 < \frac{U_k}{U_n} < 1$.

Отношение $\frac{U_k}{U_n}$ изменяется в пределах $0 < \frac{U_k}{U_n} < 1$.

В табл. 4 приведены расчетные величины среднего остаточного ресурса в долях межконтрольной наработки применительно к шестерням трансмиссии гусеничных тракторов ТБ-1М для двух сочетаний значений определяющих их параметров - α, σ_z, T_0 .

Таблица 3

Значения предельного износа отдельных деталей трансмиссии трактора ТБ-1 М

Номер детали	Наименование детали	Используемое число зубьев при измерении длины общей нормали	P_n	P_n	ΔP , мм	U_n , мм
			Длина общей нормали, мм			
1	2	3	4	5	6	7
95-1701012	Шестерня ведущая 1-й передачи	2	38,72	37,40	0,13	1,19
95-1701013	Колесо зубчатое: большой венец малый венец	6	69,43	63,10	0,13	1,20
		3	48,43	46,70	0,16	1,42
95-1701014	Шестерня ведущая 2-й передачи	3	38,93	37,60	0,13	1,20
95-1701016	Шестерня ведомая 3-й передачи (большой венец)	4	54,18	52,80	0,14	1,24
95-1701018	Шестерня ведомая 4-й передачи	4	53,83	52,40	0,14	1,29
95-1701019	Шестерня ведомая 5-й передачи	3	54,11	52,80	0,13	1,18
95-1701024	Шестерня ведущая 3-й передачи	3	39,21	37,90	0,13	1,18
95-1701029	Полумуфта 4-й и 5-й передач	2	48,32	46,90	0,14	1,28
55М-15-9	Шестерня ведущая	6	63,56	62,00	0,16	1,40
55М-15-22	Шестерня ведомая	4	158,31	156,60	0,17	1,54

Таблица 4

Величины среднего остаточного ресурса шестерен трансмиссии трактора ТБ-1М в долях межконтрольной наработки

$\frac{t_k}{t_M}$	$\frac{U_k}{U_n}$	$\frac{t_{ост}^{cp}}{t_M}$	$\frac{t_k}{t_M}$	$\frac{U_k}{U_n}$	$\frac{t_{ост}^{cp}}{t_M}$
1	2	3	1	2	3
$\alpha = 1,5; \sigma_z = 0,05; T_0 = 4$			$\alpha = 1,5; \sigma_z = 0,05; T_0 = 4$		
2	0,2	3,66	2	0,2	3,38
2	0,3	2,48	2	0,3	2,50
2	0,4	1,78	2	0,4	1,90
2	0,5	1,30	2	0,5	1,44
2	0,6	0,90	2	0,6	1,04
1	2	3	1	2	3
2	0,7	0,62	2	0,7	0,72
2	0,8	0,36	2	0,8	0,44
2	0,9	0,16	2	0,9	0,18
3	0,3	3,42	3	0,3	3,15
3	0,4	2,43	3	0,4	2,31
3	0,5	1,74	3	0,5	1,74
1	2	3	1	2	3
3	0,6	1,23	3	0,6	1,48
3	0,7	0,84	3	0,7	1,04
3	0,8	0,51	3	0,8	0,64
3	0,9	0,21	3	0,9	0,28
4	0,4	3,08	4	0,4	2,76
4	0,5	2,24	4	0,5	2,08
4	0,6	1,56	4	0,6	1,48
4	0,7	1,08	4	0,7	1,04
4	0,8	0,64	4	0,8	0,64
4	0,9	0,28	4	0,9	0,28

На рис. приведены графики зависимости среднего остаточного ресурса деталей трансмиссии тракторов от величины их износа. Остаточный ресурс выражен в долях межконтрольной наработки, графики составлены для различных вариантов значений параметров, определяющих величину остаточного ресурса.

Рассмотрим пример определения среднего остаточного ресурса шестерен коробки передач трактора ТБ-1М.

При устранении отказа коробки передач, возникшего при наработке 2 500 мото-ч, была измерена длина общей нормали у шестерен: 95-1701016 ($P_k^I = 53,30$ мм) и 95-1701024 ($P_k^{II} = 38,60$ мм). Определим средний остаточный ресурс шестерен.

Рассчитаем величину износа шестерен по формуле (3) с использованием данных табл. 3:

$$U_k^I = |53,30 - 54,18| - 0,14 = 0,88 - 0,14 = 0,74 \text{ мм},$$

$$U_k^{II} = |38,60 - 39,21| - 0,13 = 0,61 - 0,13 = 0,48 \text{ мм}.$$

Составляем отношения:

$$\frac{U_k^I}{U_n^I} = \frac{0,74}{1,24} = 0,60, \quad \frac{U_k^{II}}{U_n^{II}} = \frac{0,48}{1,18} = 0,40.$$

Из графиков рис. и табл. 4 следует:

для шестерни 95-1701016

$$t_{ост}^{cp} = (0,90 + 1,04)t_M = 930 + 1080 \text{ мото-ч};$$

для шестерни 95-1701024

$$t_{ост}^{cp} = (1,78 \div 1,90)t_M = 1830 \div 1960 \text{ мото-ч.}$$

Согласно данным табл. 1 и табл. 4, шестерню 95-1701016 следует заменить, так как ее средний остаточный ресурс равен межремонтному интервалу, который с учетом коэффициента вариации может быть значительно больше приведенной в табл. 1 величины; шестерню 95-1701024 можно оставить для дальнейшей эксплуатации, так как ее средний остаточный ресурс перекрывает межремонтный интервал с учетом его вариации.

Следует отметить, что определяющим критерием замены шестерни 95-1701016 является экономический, то есть если экономические потери от последующей внеочередной замены данной шестерни окажутся меньше стоимости новой шестерни, то она может быть оставлена на тракторе для дальнейшей эксплуатации.

При этом замена шестерни обязательна до возникновения ее аварийного отказа, который может произойти из-за выкрашивания зубьев вследствие недопустимого износа и повлечь излом зубьев других шестерен коробки передач.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.302-86. Надежность в технике. Методы определения допускаемого отклонения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин. М., 1987. 33 с.
2. ГОСТ 27.503-81 (СТСЭВ2836-81). Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Методы оценки показателей надежности. М., 1982. 25 с.
3. Критерии предельного состояния основных деталей тракторов ТБ-1М / ОТЗ; КарНИИЛП. Петрозаводск, 1987.
4. Руководство по капитальному ремонту трактора ТДТ-55А. Раздел: Дефектация деталей / СПКТБ Союзлесреммаш. М., 1980.
5. Луканов Ю. Н., Сегал Я. Д. Организация дефектовочных работ на ремонтных предприятиях, Вып. 9. М., 1983.
6. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / Под ред. Н. Ф. Чухина и В. М. Старикова. М.: Машиностроение, 1982.

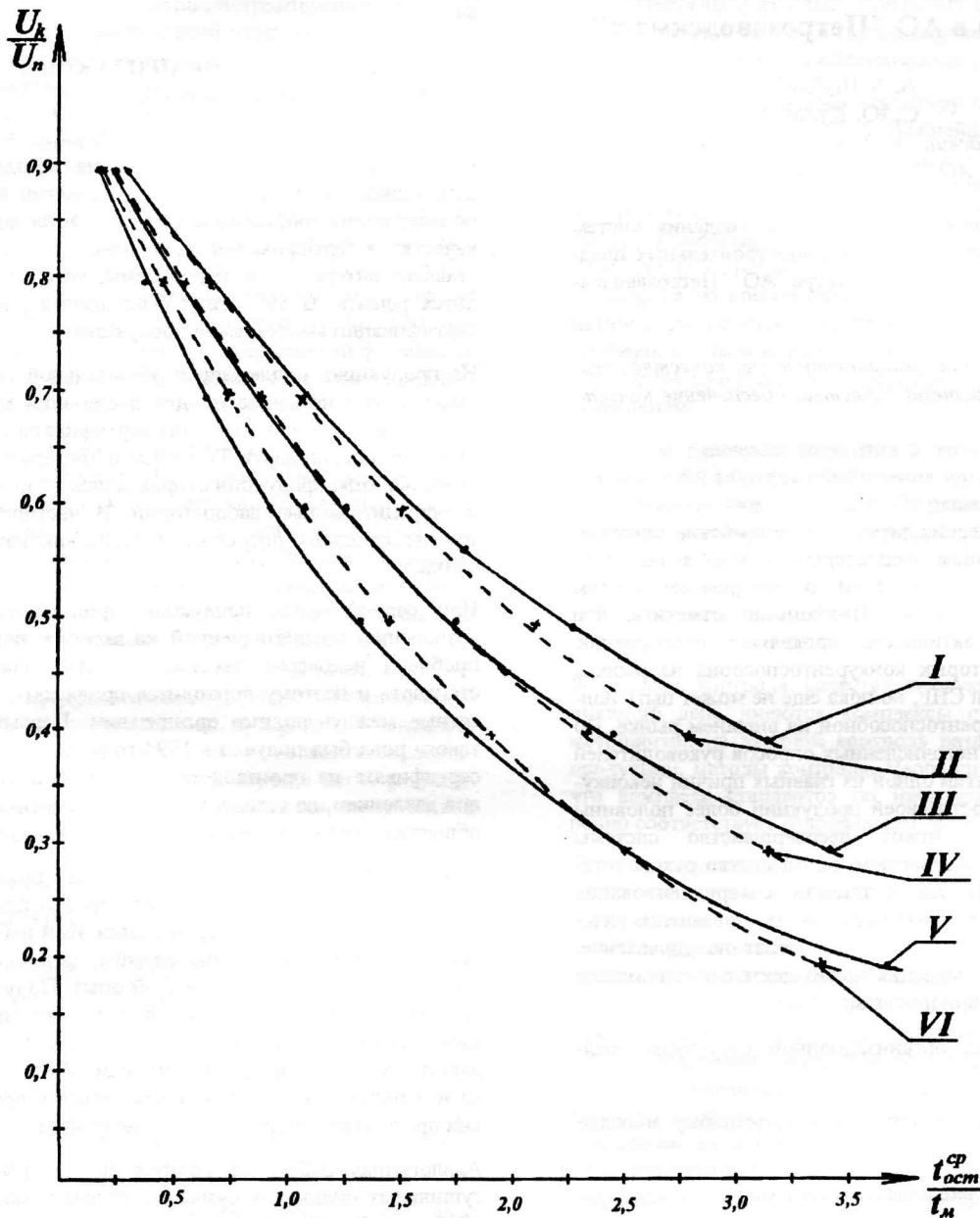


Рис. Графики зависимости величины среднего остаточного ресурса шестерен коробки передач трактора ТБ-1 М от величины износа их зубьев:

$I - C = 4, \alpha = 0,05$; $II - C = 4, \alpha = 0,10$; $III - C = 3, \alpha = 0,05$; $IV - C = 3,$
 $\alpha = 0,10$; $V - C = 2, \alpha = 0,05$; $VI - C = 2, \alpha = 0,10$