

# PROCEDURE FOR CALCULATING THE DURATION OF THE WEAR TEST OF GEAR GEARS WORKING IN ABRASIVE MEDIUM

*Zhuraeva G. Sh.*  
of Tashkent State Technical  
University of Islam Karimov  
Uzbekistan Tashkent

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИЗНОСНОГО ИСПЫТАНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, РАБОТАЮЩИХ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

*Жураева Г. Ш.*  
Ташкентского государственного технического  
университета имени Ислама Каримова  
Узбекистан г.Ташкент

**Annotation.** In this article, the frictional concentration of active abrasive particles in the oil is constantly changing. And the result of the penetration of a new part of abrasive particles from the environment is described as a change in their activity during closed circulation of oil in the block.

**Аннотация.** В этой статье концентрация активных абразивных частиц в масле, возникающая при трении, постоянно меняется.

А результат проникновения новой части абразивных частиц из окружающей среды описывается как изменение их активности при замкнутой циркуляции масла в блоке.

**Keywords:** friction, abrasive, gears, concentration, aggregate, wear resistance

**Ключевые слова:** трения, абразив, шестерен, концентрации, агрегат, износостойкость

В процессе трения за каждым цикле нагружения зубьев шестерен, концентрация активных абразивных частиц в масле агрегата постоянно меняется. Это является результатом дробления и поступления свежей порции абразивных частиц из окружающей среды. Поэтому при расчете продолжительности износного испытания зубьев шестерен необходимо учитывать закономерности изменения их активности в процессе замкнутой циркуляции масла в агрегате. Анализ состояния, данного вопроса показал, что в литературных источниках данный вопрос недостаточно освещен, в основном ограничиваются изучением процесса дробления абразивных частиц [1].

Методика расчета продолжительности износного испытания предусматривает приближении условия испытания к реальным условиям эксплуатации агрегата. Исходя из общей концентрации абразивных частиц в масле при стендовом испытании, в масла агрегата периодически порциями добавляют абразивные частицы.

Масса одной порции абразивных частиц, добавляемые в масло, при испытании на износостойкость составляет:

$$G_1 = \delta_z k_1 G_m, \text{ кг,}$$

где  $\delta_z$ - изменение концентрации абразивных частиц в масле агрегата за один цикл нагружения зубчатой пары, когда в масла поступает новой порции абразивных частиц извне, %/об;  $G_m$ -количества масла, заливаемое в агрегат, кг;  $k_1$ -количество циклов нагружения за время испытания одной порции абразивных частиц.

Продолжительность износного испытания первой порции абразивных частиц в масле агрегата составляет:

$$t_1 = \frac{G_1}{3600 n_k \delta_z G_m}, \text{ ч,}$$

где  $n_k$ - частота вращения ведомой шестерни агрегата, об/с.

Количество порций абразивных частиц, добавляемые в масла агрегата в процессе испытания на износостойкость, равно:

$$n_n = \frac{G_a}{G_1} = \frac{\varepsilon_{max}}{3600 n_k \delta_z t_1}.$$

где  $G_a$  – общее количество абразивных частиц в масле агрегата, кг.

Продолжительность испытания на износостойкость без учета соответствия концентрации активных абразивных частиц к эксплуатационным условиям агрегата:

$$t = t_1 n_n = \frac{\varepsilon_{max}}{3600 n_k \delta_z}, \text{ ч.}$$

Рассмотрим закономерности изменения концентрации активных абразивных частиц в масле агрегата после добавления каждой порции, в зависимости от количества циклов нагружения [1].

Первой порции: до дробления

$$\varepsilon_{k1} = \varepsilon_1,$$

где  $\varepsilon_1$  - концентрация абразивных частиц в масле агрегата после добавления первой порции; после дробления,

$$\varepsilon_{k1(d)} = \varepsilon_1 (1 - B)^{k1}$$

где  $k_1$  - количества циклов дробления абразивных частиц;  $B$  - доля раздробленных абразивных частиц в масле агрегата за один цикл нагружения ведомой шестерни,

$$B = \frac{2n_1 m d_{cp} L \gamma_m k_p}{G_m}$$

здесь  $n_1$  - количество пар шестерен в агрегате, окунающихся в масло;  $m$  - модуль зацепления,  $d_{cp}$  - средний размер абразивных частиц,  $\gamma_m$  - плотность масла,  $k_p$  - коэффициент учитывающий неоднородность размера абразивных частиц в масле агрегата,  $G_m$  - количества масла в агрегате.

Второй порции: до дробления

$$\varepsilon_{k2} = \varepsilon_{k1(d)} + \varepsilon_1 = \varepsilon_1 (1 + (1 - B)^{k1});$$

после дробления

$$\varepsilon_{k2(d)} = \varepsilon_{k2} (1 - B)^{k1} = \varepsilon_1 ((1 - B)^{k1} + (1 - B)^{2k1}).$$

Аналогично  $n$  - порции: до дробления

$$\varepsilon_{kn} = \varepsilon_1 (1 + (1 - B)^{k1} + (1 - B)^{2k1} + \dots + (1 - B)^{(n-1)k1}),$$

из формулы суммы членов геометрической прогрессии имеем:

$$\varepsilon_{kn} = \frac{\varepsilon_1 (1 - (1 - B)^{(n-1)k1})}{1 - (1 - B)^{k1}},$$

после дробления

$$\varepsilon_{kn(d)} = \frac{\varepsilon_1 (1 - B)^{k1} (1 - (1 - B)^{nk1})}{1 - (1 - B)^{k1}}.$$

Для сравнения расчетной общей продолжительности испытания на износостойкость на стендовых испытаниях и в эксплуатационных условиях могут быть два нижеприведенных варианта.

1. Когда концентрация абразивных частиц в масле агрегата в конце испытания меньше, чем в эксплуатационных условиях [2], она описывается выражением:

$$\frac{\varepsilon_{kn(d)}}{(1 - B)^{k2}} = \varepsilon_k$$

где  $k_2$  - количество, циклов нагружения ведомой шестерни агрегата, недостающих до эксплуатационного, соответствующих одному сроку замены масла в агрегате. Решив выражение (2) относительно  $k_2$ , получим:

$$k2 = \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{\ln(1 - B)}.$$

Время, затраченное на совершение  $k_2$  циклов нагружения,

$$t2 = \frac{k2}{3600 n_k} = \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{3600 n_k \ln(1 - B)}$$

Тогда общая продолжительность испытания на износостойкость будет:

$$t_{01} = t + t_2 = \frac{\varepsilon_{\max}}{3600 \delta_2 n_k \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{\ln(1 - B)}}.$$

где  $\varepsilon_{\max}$  - начальная концентрация абразивных частиц в масле агрегата, %.

2. Концентрация активных абразивных частиц в масле агрегата в конце испытания на износостойкость превышает эксплуатационную, т.е [3];

$$\frac{\varepsilon_{kn(d)}}{(1 - B)^{k3}} = \varepsilon_k$$

где  $k_3$  - количества циклов нагружения, превышающих эксплуатационную за один срок замены масла в агрегате,

Решив выражение (2) относительно  $k_3$ , получим:

$$k_3 = \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(\Delta)}}{\varepsilon_k}}{\ln(1-B)}$$

Время, затраченное на совершение  $k_3$  циклов нагружения,

$$t_3 = \frac{k_3}{3600n_k} = \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(\Delta)}}{\varepsilon_k}}{3600n_k \ln(1-B)}$$

Тогда общая продолжительность испытания на износостойкость,

$$t_{o1} = t - t_3 = \frac{\varepsilon_{max}}{3600n_k \delta_z \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(\Delta)}}{\varepsilon_k}}{\ln(1-B)}}$$

1 -  $t=0,005$  м; 2 -  $t=0,010$  м; 3 -  $t=0,015$  м; 4 -  $t=0,020$  м

Зависимости на рис. 1 получены из выражений (3) или (5) при следующих исходных данных:  $\varepsilon_{max}$ ;  $\varepsilon_1 = 0,16\%$ ;  $n_k = 5$  об/с;  $\varepsilon_k = 0,25\%$ ;  $\delta_z = 6,5 * 10^7 \%$ /об;  $n_1 = 2$ ;  $n_n = 8$ ;  $d_{cp} = 0,000012$  м;  $L = 0,058$  м;  $\gamma_m = 910$  кг/м<sup>3</sup>;  $k_p = 0,5$ .

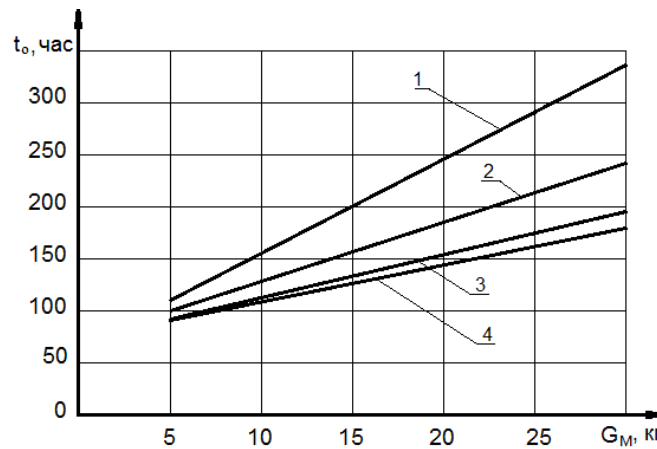


Рис. 1. Продолжительность испытания материалов зубчатых колес на износостойкость, при периодически изменяющихся концентрациях абразивных частиц, от массы заправки агрегата маслом:

Таким образом, из полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что при стендовом испытании с периодическим добавлением абразивных частиц увеличение модуля зацепления приводит к уменьшению продолжительности испытания, в связи с увеличением доли раздробленных абразивных частиц за один цикл нагружения.

### Литература

1. Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Иргашев Д. А. Оценка износа деталей агрегатов машин по концентрациям продуктов износа в масле. Монография – Ташкент, ТашГТУ, 2012. – 160 с.
2. Икрамов У.А., Иргашев А., Махкамов К.Х. Расчётная модель для оценки износостойкости зубчатых передач по концентрациям продуктов износа в масле. Ж.Трение и износ. 2003. Том 24, № 6. С 620-625
3. Ямпольский Г.Я., Крагельский И.В. Исследование абразивного износа элементов пар трения качения. М.: Наука. 1973 - 63 с.