

## **ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, РАБОТАЮЩИХ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ**

***Мирзаев Кахрамон Каршибаевич***

*канд. техн. наук, Ташкентский государственный технический университет,  
100095, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, дом №2*

*E-mail: mirzaev.qahramon@mail.ru*

***Мустаева Барно Уроковна***

*магистрант, Ташкентский государственный технический университет,  
100095, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, дом №2*

## **WEAR RESISTANCE OF TOOTH TRANSMISSIONS, WORKING IN AN ABRASIVE MEDIUM**

***Kakhromon Mirzaev***

*candidate of Technical Sciences, Tashkent State Technical University,  
100095, Uzbekistan, Tashkent, University st, 2*

***Barno Mustaeva***

*master's student, Tashkent State Technical University,  
100095, Uzbekistan, Tashkent, University st, 2*

### **АННОТАЦИЯ**

В данной статье изложены результаты литературного анализа износостойкость зубчатых передач, работающих в абразивной среде. Рассмотрены вопросы накопления абразивных частиц в масле агрегатов и их влияния на износостойкость зубчатых передач.

### **ABSTRACT**

This article presents the results of literary analysis of the wear resistance of gears operating in an abrasive environment. The issues of accumulation of abrasive particles in the oil of aggregates and their effect on the wear resistance of gears are considered.

**Ключевые слова:** износостойкость, агрегат, трансмиссия, картер, абразив, частица, пыль, загрязнитель, запыленность, шестерня, подшипник, трещина, масляная пленка, изнашивание, коэффициент трения, концентрация.

**Keywords:** wear resistance, unit, transmission, crankcase, abrasive, particle, dust, contaminant, dustiness, gear, bearing, crack, oil film, wear, coefficient of friction, concentration

В процессе эксплуатации машин в запыленных условиях почвенная пыль проникает в картер через неплотности соединений агрегатов трансмиссии. В результате масло загрязняется абразивными частицами, вследствие чего увеличивается скорость изнашивания зубьев шестерен и элементов подшипников качения [1-4].

Одной из возможных причин попадания пыли является периодический нагрев и охлаждение воздушной среды в картере агрегатов трансмиссии, а также возникающий в связи с этим газообмен с атмосферой. Так, при объеме картера агрегатов трансмиссии трактора Т-74  $0,0612 \text{ м}^3$ , при повышении температуры от  $30$  до  $70^\circ\text{C}$  и свободном выходе воздуха из картера количество пыли увеличивается на  $0,008 \text{ кг}$ , т.е. на  $11,5\%$ .

Пыль попадает в трансмиссию в результате нарушения герметичности корпуса агрегата, вследствие больших нагрузок и упругой деформации рамы машины [3].

В закрытых агрегатах и узлах машин, имеющих вращающиеся детали, происходит насосный эффект, вследствие чего через неплотности агрегата в картер всасывается запыленный воздух [3].

Вибрация агрегатов при движении машины также является одной из возможных причин попадания абразивных частиц в картер. В зависимости от рельефа дорожного покрытия давление в картере агрегата постоянно изменяется из-за подъема или опускания уровня масла в картере агрегата, в

результате чего запыленный воздух засасывается в него, что приводит к загрязнению масла абразивными частицами [1].

При замене масла агрегатов трансмиссии остается часть загрязнителей. Так, например, после замены масла в картере агрегатов автомобилей остается 37 - 67 % механических примесей, что соответствует уровню загрязнения масла абразивными частицами за 6000 - 7000 км пробега [1].

Для определения мест проникновения пыли, и изыскания средств повышения герметичности испытуемую трансмиссию трактора помещали в пылевую камеру. Запыленность воздуха в камере создавалась поверхностным слоем почвы. Концентрация пыли в камере в начале испытания составила 30 г/м<sup>3</sup>, к концу испытания она понизилась и составила 5 г/м<sup>3</sup>. За 400 ч работы трансмиссии количество механических примесей в корпусе коробки передач увеличилось на 0,16 %, а в корпусе конечной передачи - на 0,98 %, что было подтверждено результатами эксплуатационных испытаний.

В агрегатах трансмиссии тракторов Т-74 и ДТ-75 не обеспечиваются достаточной герметичностью шаровые соединения рычагов переключения передач, сочленения валика блокировки с крышкой коробки перемены передач, корпуса КПП с крышкой, корпусов КПП и заднего моста и др. [1].

В процессе эксплуатации трактора КТ-42 в запыленных условиях после 450 ч работы в картере коробки передач обнаруживается 0,62%, в картере бортового редуктора - 0,5 % механических примесей.

В результате стендового испытания установлено, что, для обеспечения установленного срока службы агрегата, нормальный срок замены трансмиссионного масла соответствует 0,25 - 0,30% - ному загрязнению его абразивными примесями.

При заправке нигролом агрегатов трансмиссии пропашного трактора, работающего в запыленных условиях, после 1050 ч в картере коробки передач накапливается 0,31% почвенной пыли, при этом содержание железа в масле составляло 0,32%. В картере бортовой передачи накапливается 0,41% почвенной пыли, содержание железа в масле составляло 0,57% [3].

Загрязнители масла состоят из горючей и негорючей частей. В свою очередь негорючая часть разделяется на продукты износа, выпадающие в масло по мере изнашивания деталей и на пыль почвенного происхождения [2, 3]. Причем, количество продуктов износа составляет около половины всех загрязнителей масла.

Наличие в масле агрегатов машин абразивных частиц приводит не только к абразивному изнашиванию, но и сопутствует развитию процессов усталостного выкрашивания и задира поверхностей трения зубьев шестерен, так как абразивное изнашивание зубчатых колес происходит параллельно с этими видами разрушения.

Усталостное разрушение зубьев шестерен наблюдается в зоне «чистого» качения с незначительным проскальзыванием [1]. При трении поверхностные слои материала детали воспринимают повторно-переменные по значениям нагрузки, вызывающие деформации локальных объемов металла и, как следствие, его упрочнение. Упрочнение в процессе пластической деформации сопровождается увеличением плотности дислокации. Движение дислокаций в материале сдерживают границы зерен и блоков, карбидные включения и другие примеси. Концентрация напряжений и скопление дислокаций в материале приводит к их сближению и образованию трещин. Микротрещины, которые зарождаются преимущественно на поверхности трения, под воздействием нормального давления и силы трения распространяются вглубь металла. Распространение трещин в материале шестерен облегчается расклинивающим действием смазки. Пересечение трещин в материале шестерен в процессе их распространения приводит к разрушению объема металла, в результате чего на поверхности трения образуются ямки. При наличии в масле агрегатов абразивных частиц, ножка и головка зубьев шестерен подвергаются абразивному изнашиванию.

Узлы схватывания разрушаются по основному, менее прочному материалу и на поверхностях трения детали, изготовленной из менее прочного материала. При этом образуются вырывы.

В момент возникновения заедания резко увеличивается коэффициент трения скольжения и быстро растет температура сопряженных поверхностей. Условием возникновения заедания является разрушение разделяющей зону контакта масляной пленки, удаление поверхностных окисных пленок, пластическое деформирование поверхностей, в результате чего возникает непосредственный контакт чистых - без оксидных пленок поверхностей. Этот процесс ускоряется при наличии в масле агрегатов абразивных частиц. Скорость очищения поверхностей контакта от защитных пленок и связанное с этим возникновение заедания зависит от концентрации абразивных частиц в масле агрегата и степени проскальзывания между зубьями шестерен [1, 2, 4]. Поэтому зубчатые колеса с большим модулем зацепления более склонны к схватыванию, чем мелко модульные.

Микрогеометрия и наличие абразивных частиц в масле агрегата существенно влияют на предельную нагрузку заедания. Увеличение шероховатости способствует повышению коэффициента трения, локальных температур, пластических деформаций на микроконтактах, т.е. повышается склонность к разрушению масляной пленки и образованию очагов схватывания.

Наличие в масле абразивных частиц существенно влияет на протекания усталостного выкрашивания и задира поверхностей трения зубчатых передач.

В агрегатах трансмиссии зубчатые муфты и шестерни коробки передач, особенно при переключении передач, воспринимают ударную нагрузку, вследствие чего торцы их зубьев сминаются.

Таким образом, анализ проведенных исследований, посвященных вопросам накопления абразивных частиц в масле агрегатов и их влияния на износостойкость зубчатых передач, показывает, что в процессе абразивного изнашивания вопросы дробления абразивных частиц не рассматривались. Процесс изнашивания изучался только с точки зрения активного участия абразивных частиц, а механизм износа поверхностей трения после дробления (с пассивным участием) абразивных частиц не раскрыт.

### **Список литературы:**

1. Иргашев А., Мирзаев К.К., Иргашев Б.А. Повышение износостойкости зубчатых передач. Монография. - Ташкент, ТашГТУ, 2015. – 175 с.
2. Мирзаев К.К., Иргашев А. Износостойкость шариковых подшипников качения, работающих в абразивной среде. //Трение и износ. –Минск. 2014. Т.35, №5.
3. Шаабидов Ш.А., Иргашев А., Мирзаев К.К. Повышение эксплуатационных свойств поверхностных слоев деталей машин. Монография. –Т.: ТашГТУ, 2012. -176 с.
4. Mirzayev K.K., Irgashev A. Size of the abrasive particles, participating in process of wearing elements ball bearing. Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol.47 2014(26-29).