

ОБ ИЗНОСЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС РЕДУКТОРОВ ГОРНЫХ ЭЛЕКТРОСВЕРЛ ПРИ РАБОТЕ С ЖИДКОЙ СМАЗКОЙ

В. Т. ГОРБЕНКО, С. И. ШУБОВИЧ

(Представлена научным семинаром кафедры прикладной механики)

В работах [1—2] приводятся результаты исследования износа зубьев зубчатых передач горных электросверл ЭР-5 и ЭР-16, испытание которых проводилось при заполнении редуктора консистентной мазью солидолом М в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих электросверл. Для выяснения влияния жидкой смазки на процесс износа зубьев нами были проведены испытания упомянутых выше передач с жидкой смазкой при условиях и по методике, описанных в работе [1]. Результаты этих сравнительных испытаний и приводятся в настоящей статье.

Испытанию подвергались прямозубые колеса второй ступени редукторов ЭР-16, для которых: $z_1 = 17$, $z_2 = 28$, $m = 2$ мм, $\zeta_1 = \xi_2 = 0$. Шестерни, изготовленные из стали 20Х, цементировались на глубину 0,4—0,6 мм и калились до твердости HRC = 56—62. Колеса, изготовленные из стали 40Х, подвергались закалке до твердости HRC = 40—45. Здесь следует отметить, что для выявления влияния перепада твердостей зубьев сопряженных колес на процесс износа зубьев в некоторых экспериментальных редукторах были применены колеса с пониженной твердостью HRC = 37—39.

В качестве жидких смазок применялись: автол АК-6 (ГОСТ 1862-57) и масло трансмиссионное автотракторное летнее (ГОСТ 542-50). Уровень смазки в редукторе поддерживался в процессе испытаний постоянным, а смена смазки производилась через такие же промежутки времени, как в опытах [1, 2].

Испытания проводились при окружной скорости колес $v = 1,49$ м/сек и постоянной нагрузке, величина которой соответствовала максимальной нагрузке в опытах [2]. Напряжения, вычисленные по формуле Герца (без учета коэффициентов концентрации и динамичности нагрузки), составляли при этом примерно 10000 кг/см².

На рис. 1 приведены графики нарастания износа по времени для зубьев шестерен, а на рис. 2 — для зубьев колес. Цифрами на рисунках обозначены номера испытываемых редукторов, причем нечетные редукторы работали на стенде как ускоряющая, а четные как замедляющая передачи. Номера 1, 2, 3 и 4 обозначены редукторы, испытанные на консистентной смазке, результаты испытаний которых заимствованы из работы [2]. Кривые (рис. 1 и 2) показывают, что при всех видах смазки износ зубьев находится в одних и тех же пределах, причем, как правило, ведущие звенья имеют всегда износ больше, чем ведомые.

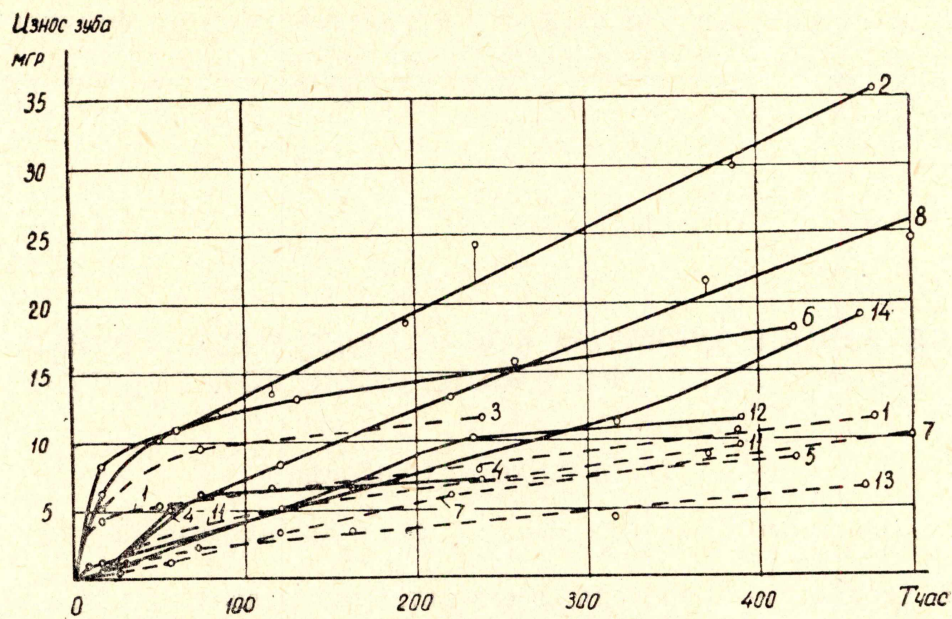


Рис. 1. Графики износа шестерен.
Сплошные линии — ведущие шестерни, пунктирные линии — ведомые шестерни.

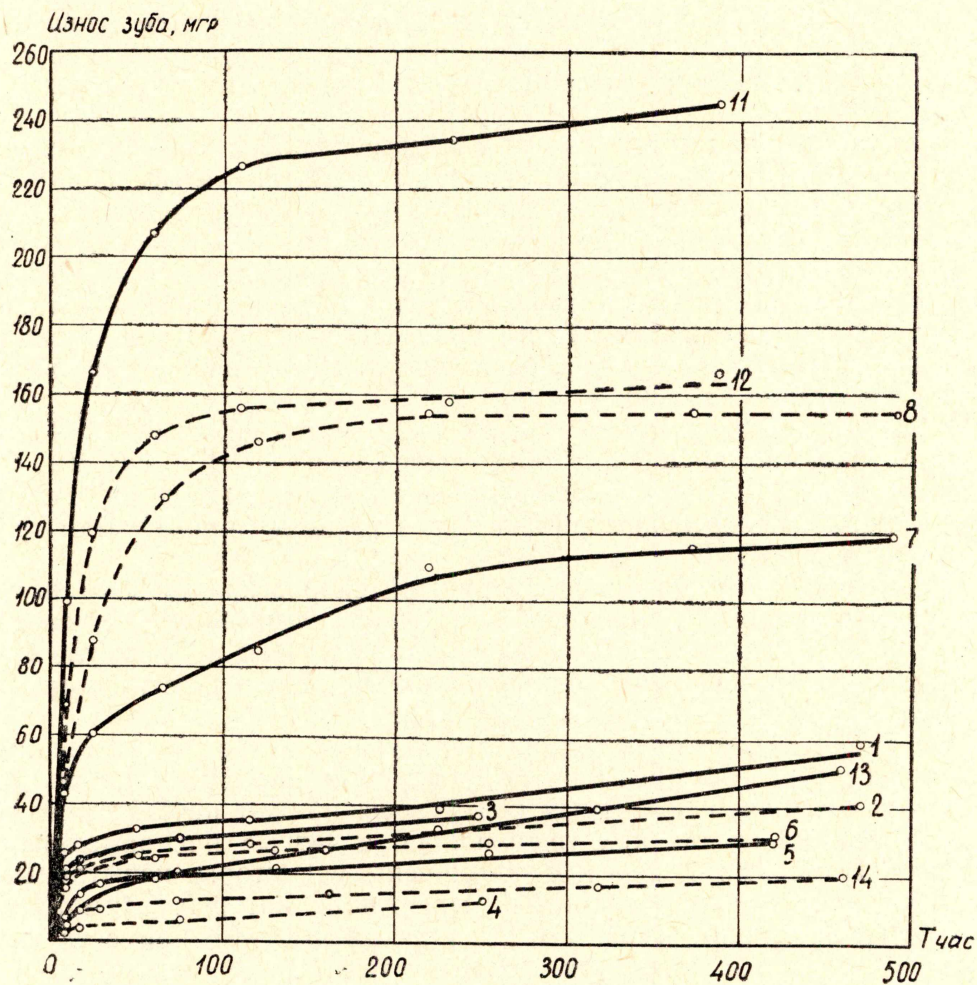


Рис. 2. Графики износа колес.
Сплошные линии — ведущие колеса, пунктирные линии — ведомые колеса.

Объяснить это явление можно различным характером трения на ведущих и ведомых зубьях колес [3].

На рис. 2 видно, что зубья колес редукторов 7, 8, 11 и 12 имеют износ при жидкой смазке больше, чем при консистентной, это, однако, объясняется, по нашему мнению, не влиянием смазки, а тем, что колеса этих передач имели пониженную твердость ($HRC = 37-39$) и худшую исходную чистоту поверхностей зубьев.

Кривые (рис. 1 и 2) показывают, что при всех видах смазки имели место два периода износа — приработочный период и период монотонного (равномерного) износа. Период интенсивного износа в наших опытах не наблюдался, хотя во всех случаях на зубьях колес имело место прогрессивное выкрашивание, которое начиналось, как правило, после периода приработки. Это является лишним доказательством того, что наличие выкрашивания не вызывает интенсивного износа зубьев [1].

На рис. 3 представлены кривые изменения коэффициента трения в зацеплении при износе зубьев с различными смазками. Из этого рисунка видно, что при всех смазках коэффициент трения в начальный период испытания (в период приработки) уменьшается и к концу этого периода достигает определенной величины для данного вида смазки, которая практически не изменяется в течение последующей работы передачи, несмотря на износ и выкрашивание рабочих поверхностей

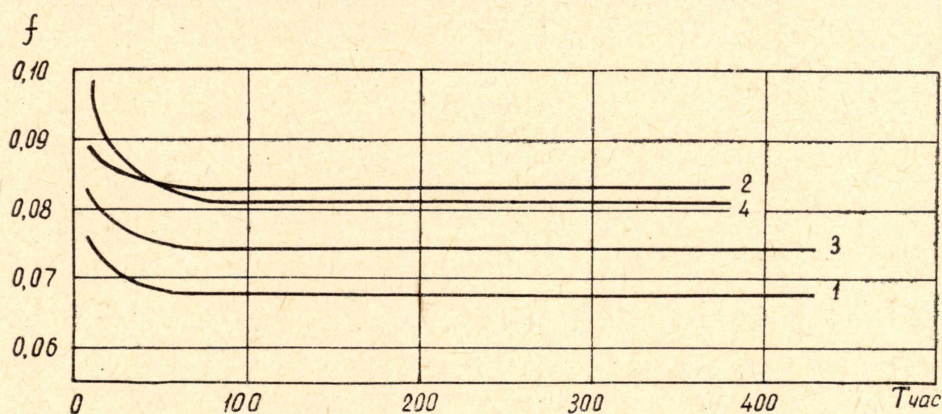


Рис. 3. Изменение коэффициента трения в зацеплении:
1 — смазка солидолом; 2 — смазка автолом; 3 — смазка трансмиссионным автотракторным маслом; 4 — смазка автолом, грубообработанные поверхности зубьев.

зубьев. Наименьшее значение коэффициента трения имело место при работе передачи на консистентной смазке, большее — при смазке трансмиссионным маслом и максимальное — при смазке автолом. Эту закономерность можно, очевидно, объяснить тем, что при смазке маслами большей вязкости образуется более толстая масляная пленка на поверхности контакта зубьев и, как результат, трение в зацеплении по своему характеру приближается в большей степени к жидкостному трению. Кривые 2 и 4 (рис. 3) показывают, что коэффициент трения в зацеплении тем выше, чем грубее начальная поверхность зубьев.

При износе зубьев с жидкой смазкой так же, как и при износе с консистентной смазкой [1, 2], на поверхности зубьев четко выделялись три характерные зоны, отличающиеся видом поверхности и очертанием профиля зуба. Сравнение рабочих поверхностей изношенных зубьев в наших опытах с изношенными зубьями в опытах [1, 2] показало, что вид смазки практически не оказывает влияния ни на состояние поверхности, ни на изменение формы профиля зуба при износе. Исключением явились две ведомые шестерни редукторов 7 и 13, на ножках зубьев

которых в конце испытаний наблюдалось начало выкрашивания, тогда как в опытах [1, 2], проводимых с консистентной смазкой, выкрашивания на ножках зубьев шестерен совсем не наблюдалось. По мнению авторов, выкрашивание на ножках зубьев шестерен при работе на жидкой смазке можно объяснить тем, что при жидкой смазке имеет место несколько больший коэффициент трения в зацеплении, в результате чего возрастают силы трения и сопутствующие им касательные напряжения сдвига в поверхностном слое.

Подводя итог результатов проведенных сравнительных испытаний по износу зубьев зубчатых колес при различных видах смазки, можно заключить, что вид смазки не оказывает влияния на величину интегрального износа, а также на вид поверхности и изменение формы профиля зубьев при износе; вид смазки оказывает некоторое влияние на величину коэффициента трения в зацеплении и, следовательно, на к.п.д. зубчатой пары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Семенов. Исследование износа зубчатых колес редукторов горных электросверл. Труды конференции по вопросам расчета конструирования и исследования зубчатых передач и передач гибкой связью, т. III, изд. Одесского политехнического института, 1957.

2. Ю. С. Семенов, В. Т. Горбенко. Износ и чистота рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес. Известия ТПИ, т. 114, изд. Томского университета, 1964.

3. Г. К. Грубин. Контактная усталость материалов для зубчатых колес. Машгиз, 1962.