

УДК 622, 629.07

ВЯЗКОСТНЫЕ ПРИСАДКИ В МАСЛА ГОРНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Сюрсина Е.Е., Нестерова Н.Ю., Кулачек З.Д.

Студенты группы МАБ-231.2

Научный руководитель: Кузин Е.Г., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске

Аннотация. Приводятся данные о причинах отказов подшипников качения горных и транспортных машин. Анализ которых показывает значительную долю отказов вызываемых неправильным смазыванием. Важным параметром смазочного масла является его вязкость, которая в свою очередь существенно зависит от температуры эксплуатации машины. Даются сведения о способах стабилизации индекса вязкости за счет загущающих присадок. Загущенные масла обладают более высокой вязкостью при высоких температурах и более низкой вязкостью при низких температурах, чем обычные масла. Это связано с тем, что в холодном состоянии макромолекулы масла остаются свернутыми, не влияя на его вязкость, а при нагревании они разворачиваются, увеличивая вязкость загущенного масла по сравнению с обычным. Показаны графики изменения кинематической вязкости связанные в первую очередь с деградацией присадок от наработки. Даются рекомендации по продлению работы масла путем внесения присадок с определенным интервалом до его полной замены.

Ключевые слова: Кинематическая вязкость, смазочное масло, присадки, подшипники качения, горные машины, транспортные машины, ресурс, индекс вязкости.

Abstract. Data on the causes of rolling bearing failures of mining and transport vehicles are presented. The analysis of which shows a significant proportion of failures caused by improper lubrication. An important parameter of the lubricating oil is its viscosity, which in turn significantly depends on the operating temperature of the machine. Information is provided on ways to stabilize the viscosity index due to thickening additives. Thickened oils have higher viscosity at high temperatures and lower viscosity at low temperatures than conventional oils. This is due to the fact that in the cold state, the macromolecules of the oil remain folded without affecting its viscosity, and when heated, they unfold, increasing the viscosity of the thickened oil compared to the usual one. Graphs of changes in kinematic viscosity are shown, primarily related to the degradation of additives from operating time. Recommendations are given on extending the operation of the oil by applying additives at a certain interval until it is completely replaced.

Keywords: Kinematic viscosity, lubricating oil, additives, rolling bearings, mining machines, transport machines, resource, viscosity index.

Эксплуатационный ресурс узлов горных и транспортных машин может быть повышен как за счет применения современных смазочных материалов, так и контролем и прогнозированием изменения характерных диагностических параметров работы машины. Для прогноза расходования ресурса узлов горнотранспортного оборудования необходимо применять методы, позволяющие оценить эксплуатационные свойства смазочных материалов, основанные на вероятностно-статистическом подходе [1, 2]. При этом следует заметить, что большое разнообразие геометрических конструктивных параметров подшипников и зубчатых передач, различные скоростные и нагрузочные режимы требуют применения соответствующих смазочных масел, обладающих требуемыми свойствами.

Как показано в работе [3], эффективного управления техническим состоянием горной транспортной машины необходимо, чтобы ключевые диагностические параметры находились в «заданном» диапазоне на данной стадии жизненного цикла.

Анализ отказов подшипников качения в редукторах транспортных машин приведен на рис 1, основными являются: недостаточное смазывание или несоответствующие условиям работы смазочные материалы, неправильный монтаж и несвоевременное техническое обслуживание, неэффективная работа защитных уплотнений или же полное их разрушение. Состояние смазки оказывает значительное влияние на ресурс подшипников и исследуется многими производителями подшипников и эксплуатационных материалов, а также эксплуатирующими организациями [4 - 7].

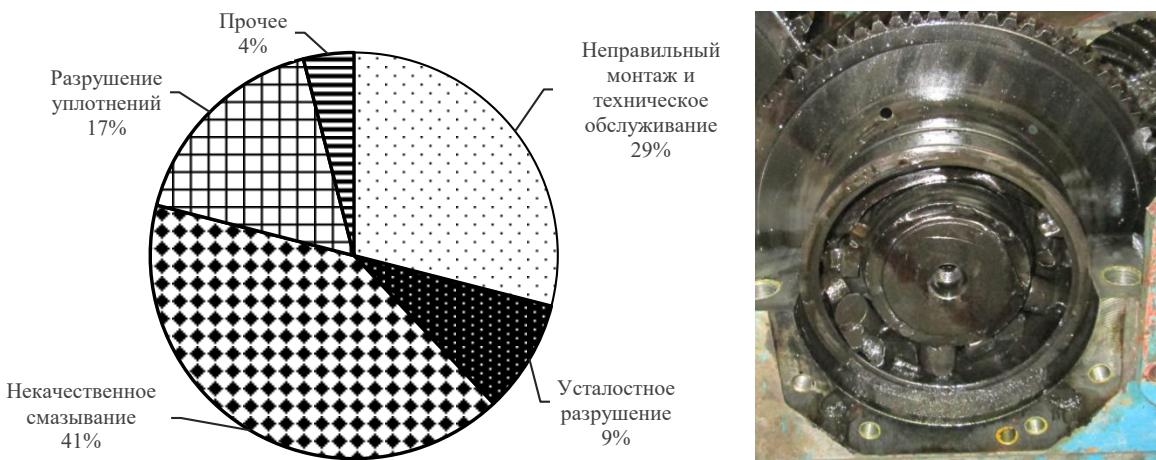


Рисунок 1 - Анализ причин и фото разрушения подшипников качения в редукторах горных машин

Их всего многообразия диагностических параметров следует выделить основной и достаточно универсальный параметр смазочного масла - вязкость. Вязкость масла характеризует сопротивление смещению молекулярных слоев масла под воздействием внешней силы. Кинематическая вязкость характеризует способность масла протекать через малые отверстия. Измеряется кине-

матическая вязкость в метрах квадратных на секунду (по системе СИ), либо в Стоксах. При этом $1 \text{ сСтокс} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$. Динамическая вязкость масла показывает отношение силы, достаточной для смещения отдельного молекулярного слоя масла на единицу длины, к площади этого слоя масла, измеряется в Па·с (по системе СИ) или в Пуазах ($1\text{сПуаз}=1\text{мПа}\cdot\text{с}$) [8].

Вязкость является одной из важных характеристик любой эксплуатационной рабочей жидкости. В общем случае она зависит от температуры и давления. Индекс вязкости служит показателем зависимости вязкости жидкости от температуры. Молекулярную структуру жидкости характеризует показатель индекса вязкости, для определенных молекул установлены точные значения. Если индекс вязкости большой, то меньше меняется эта характеристика при колебаниях температуры.

Так при работе с высокими температурами вязкость может снизиться ниже допустимого значения и в парах трения начнется ускоренный износ (жидкость не сможет разделять соприкасающиеся поверхности).

Другое негативное влияние оказывает слишком высокая вязкость - возрастает давление на отдельные слои, возрастают силы трения (дополнительные потери энергии), а также возможно разрушение уплотнений валов.

В настоящее время необходимые показатели вязкости масла получают путем введения присадок - модификаторов вязкости.

Модификаторы вязкости - это вещества, состоящие из цепочек молекул, которые при низких температурах распадаются на короткие цепочки слабо связанные между собой. При повышении температуры цепи полимеров как бы разворачиваются и расширяются, что повышает вязкость при высоких температурах. Сами молекулы полимеров крупнее молекул базового масла, создают с ним разные конформации и ведут себя по разному в зависимости от их количества и температуры. При увеличении концентрации присадок в маслах, расстояние между макромолекулами уменьшается, появляется взаимодействие между ними и разнообразие конформаций уменьшается. Поэтому максимальное значение индекса вязкости соответствует определенной концентрации присадки, а дальнейшее увеличение концентрации приводит к снижению индекса вязкости загущенных масел. Таким образом, загущенные масла сочетают в себе свойства как летних, так и зимних масел при правильном количестве вводимой присадки.

На рис. 2 представлен анализ изменения кинематической вязкости серии редукторов в процессе эксплуатации. Видно, что со временем кинематическая вязкость снижается, а индекс вязкости (оцениваемый по наклону линий тренда для различных температур) также уменьшается. Это характеризует разрушение загущающих присадок за 2 с небольшим месяца (около 1600 часов наработки). Регламентированная же замена масла составляет 8000 часов наработки.

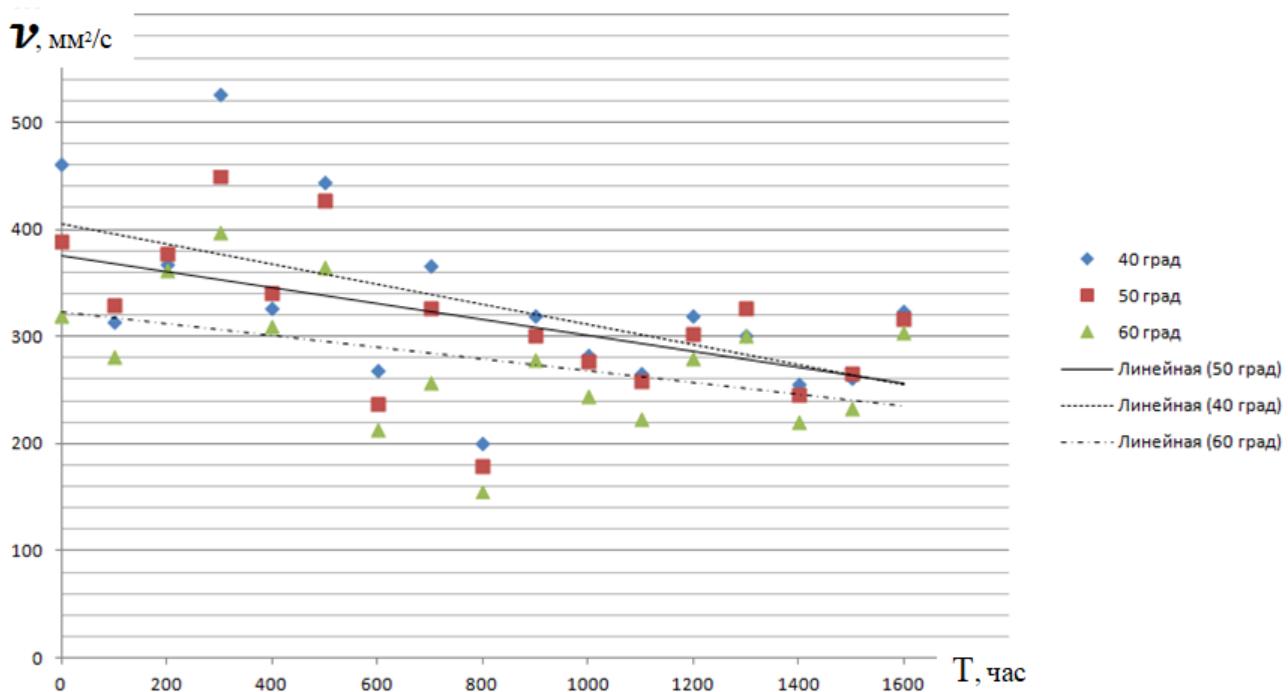


Рисунок 2 - График изменения кинематической вязкости масла редукторов от наработки

При проведении отбора и анализа масел было выявлено отклонение кинематической вязкости чистого масла от 350 до 390 мм²/с, а в одном редукторе было залито масло другой базовой вязкости 460 мм²/с. Следующую погрешность в оценке вносит на наш взгляд учет чистого времени наработки машины, а не ее календарное время. Имеются все основания предположить, что в масле даже в остановленной машине продолжают развиваться процессы деструкции.

Таким образом, предлагается вести систематический мониторинг смазочного масла и при отклонениях кинематической вязкости более чем на 35% производить внесение загущающих модификаторов через 2 – 3 месяца, а замену производить по показаниям систематического анализа.

Список литературы

1. Кузин, Е. Г. Мониторинг технического состояния редукторов частотно-регулируемого электропривода шахтных ленточных конвейеров / Е. Г. Кузин, Б. Л. Герике // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 82-88. – EDN VPPSTL.
2. Кузин, Е. Г. Прогнозирование остаточного ресурса редукторов подземных конвейеров / Е. Г. Кузин, Б. Л. Герике // Россия молодая : Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 16–19 апреля 2019 года / Редакционная коллегия: Костюк Светлана Георгиевна отв. редактор, Останин Олег Александрович, Хорешок Алексей Алексеевич, и др. – Кемерово: Кузбасский государ-

ственний технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – С. 10306. – EDN GCHCJM.

3. Кузин, Е. Г. Предиктивное управление техническим состоянием горных транспортных машин / Е. Г. Кузин // Горное оборудование и электромеханика. – 2023. – № 1(165). – С. 41-49. – DOI 10.26730/1816-4528-2023-1-41-49. – EDN WPCNPB.

4. Дырдин, С. Н. Топливо и смазочные материалы : учебное пособие / С. Н. Дырдин. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2022. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/269960> (дата обращения: 08.04.2024).

5. Shalkov, A. V. Evaluation of heavy-duty vehicles engine life with controlled modification of engine oil / A. V. Shalkov, A. Kuznetsov, E. G. Kuzin // E3S Web of Conferences : VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 315. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03001. – EDN BGJKLU.

6. Оценка энергоэффективности транспортных установок по результатам технической диагностики / А. А. Хорешок, Е. Г. Кузин, А. В. Шальков [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 5(123). – С. 79-85. – DOI 10.26730/1999-4125-2017-5-79-84. – EDN ZTSLAL.

7. Mamaeva, M. Development of Innovative Methods for the Assessment of the Technical Condition of the Gearboxes of the Mine Belt Conveyors in the Parameters of the Lubricating Oil / M. Mamaeva, E. Kuzin // MATEC Web of Conferences : The conference proceedings (ISPCIME-2019), Kemerovo, 26–29 ноября 2019 года. Vol. 297. – Kemerovo: EDP Sciences, 2019. – P. 03006. – DOI 10.1051/matecconf/201929703006. – EDN ECHHRC.

Вязкость масла Режим доступа:
https://zamena.org/articles/?ELEMENT_ID=45195.