

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ИЗНОС УЗЛА ТРЕНИЯ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА

А. М. Мигранов¹, А. А. Габдуллин², А. Ф. Садыков³

¹migranov_art_1993@inbox.ru, ²mazami@mail.ru, ³sadykovazamat865@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Рассмотрено экспериментальное исследование и диагностика технического состояния винтового компрессора. Решение указанной проблемы основывается на изучении скорости износа узлов трения по продуктам износа накапливаемых в работающих маслах, смазочно-охлаждающих жидкостях, консистентных смазках. Диагностика технического состояния осуществлялась разработанным в ООО «Химмотолог» мультимаслотестером. Было установлено, что при увеличении влажности сжимаемого воздуха, скорость роста изношенных частиц замедляется, но при уменьшении влажности, скорость роста частиц также снижается.

Ключевые слова: трение; диагностика; износ; компрессор; узел трения; продукты износа; смазка.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для повышения эффективности промышленного производства находят все большее применение высокопроизводительное и дорогостоящее технологическое оборудование, в котором наиболее слабым звеном, с точки зрения работоспособности и надежности, являются узлы и детали тяжело нагруженных трибосопряжений, работающие как при существенно различных температурных (условно при более легких условиях перепад температур может составлять 100–120 град.), так и климатических условиях (высокая влажность, наличие абразивов и других химических элементов в атмосфере). Как показывают результаты анализа периодичности отказов работы узлов трения и соответственно затраты на их восстановление достигают 9–20 % стоимости всего оборудования без учета существенных потерь дохода (прибыли) предприятия от простоя. Известно [1–6], что смазочный материал – уникальный источник информации о технике, в которой он работает. По анализу смазочного материала можно на ранней стадии обнаружить изменения в режиме работы оборудования при

эксплуатации и установить внутренние дефекты. Справедливо сказать, что смазочный материал является жидкой деталью любой маслonaполненной техники. К смазочному материалу в соответствии с ГОСТ 27.002-89, как и к другим деталям, применимы понятия надежности и работоспособности. Несоответствие характеристик смазочного материала стандартам может привести к выходу оборудования из строя. Вместе с тем изучение воздействия внешних факторов, таких как температура окружающего воздуха, влажность воздуха, рабочая температура смазочного материала и других факторов на износ деталей тяжело нагруженных узлов трения является актуальной задачей, как с научных позиций, так и практического применения [1–3, 5].

Исследование технического состояния компрессора основывается на изучении скорости износа узлов трения по продуктам износа накапливаемых в работающих маслах, смазывающе-охлаждающих жидкостях, консистентных смазках, датчиком скорости износа, работающего на основе электромагнитных колебаний [3].

Диагностика технического состояния винтового компрессора осуществлялась

разработанным устройством – мультимаслотестером в ООО «Химмотолог» (г. Уфа). Основное устройство (датчик), работающее на электромагнитных колебаниях, устанавливается непосредственно в маслобак: либо через заливную горловину, либо в сливной болт. Необходимые сигналы от датчика поступают во входное устройство ЭВМ, где в совокупности с другой технической информацией – происходит анализ химического состава масла.

Выполнив все необходимые замеры на работающем компрессоре Atlas Copco, строим график зависимости количества частиц износа деталей компрессора от времени замеров (рис. 1). Основной график зависимости количества частиц износа деталей компрессора от моточасов приведен на рис. 2.

В ходе исследований контролировалось содержание воды в работающем масле. Так

при 15781 моточасах она составляла 0,2 %, а при 15813 моточасах 0,3 %.

Экспериментальные исследования проводились при различных температурах воздуха в диапазоне от -20 до +30 град., поступающего в приемное устройство компрессора и влажности окружающей среды от 30 до 95 %.

Как видно из графика зависимости количества частиц износа от количества замеров при различных температурах приемного воздуха компрессора, представленного на рис. 3, с понижением температуры воздуха – немного замедляется рост количества частиц в масле. Это видно по замерам 1–2 и 4–5. При неизменности температуры воздуха, количество частиц износа резко возрастает. Это видно на замере 5–6. При резком повышении температуры приемного воздуха – рост количества частиц в масле опять замедляется. Это видно по замерам 6–7 и 7–8.

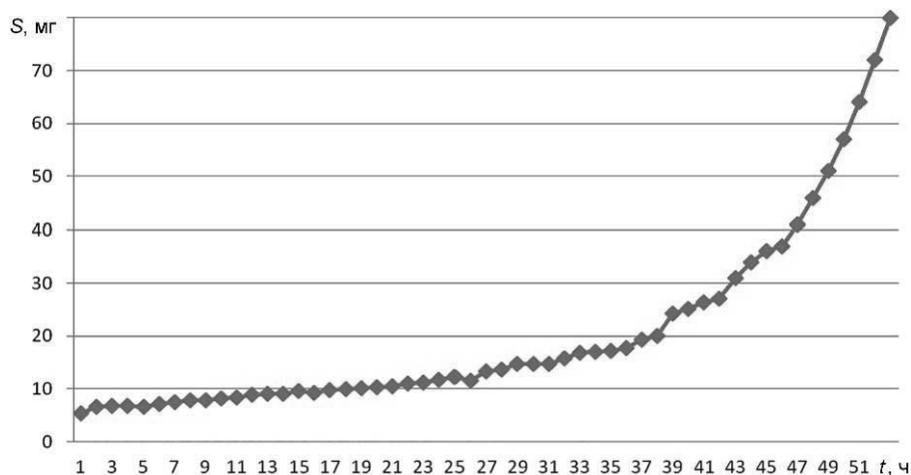


Рис. 1. График зависимости количества частиц износа S от времени работы t

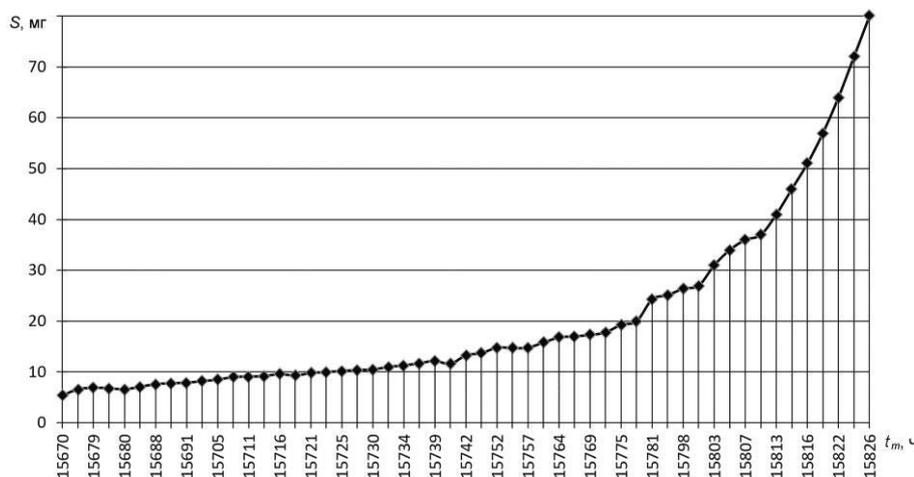


Рис. 2. Основной график зависимости количества частиц износа S от моточасов t_m

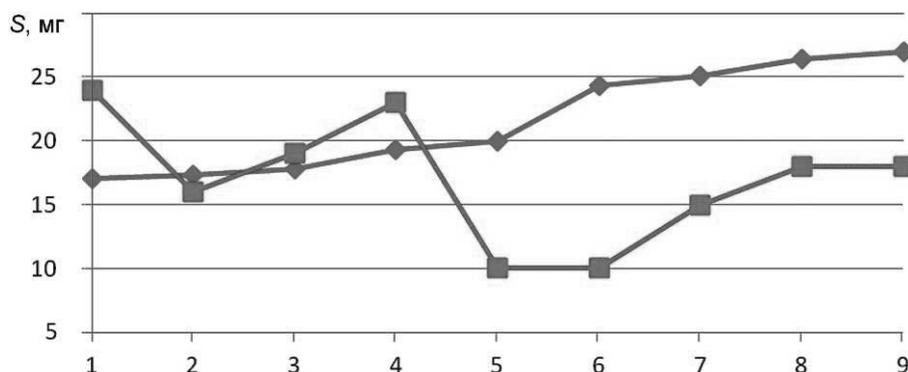


Рис. 3. Графики количества частиц износа от количества замеров (■ - $T_{oc} = const$; ◆ - $T_{oc} = var$)

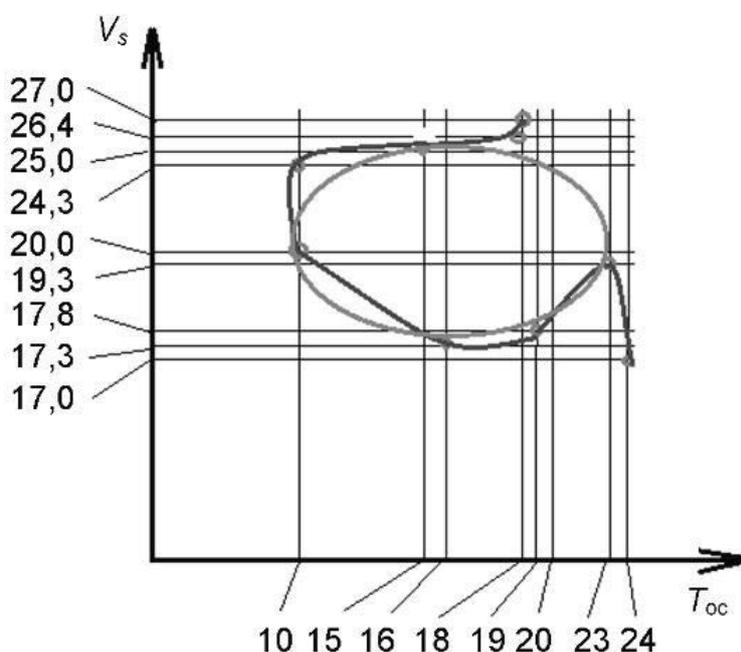


Рис. 4. График зависимости скорости износа от температуры приемного воздуха

Исходя из этого можно предположить, что температура сжимаемого воздуха значительно влияет на содержание частиц в эксплуатируемом масле. Очевидно, это связано с воздействием температуры воздуха на работающие трущиеся детали рабочего механизма компрессора. И ясно видно, что любое изменение температуры воздуха, будь то повышение, либо ее снижение, – влияет на снижение скорости содержания частиц в масле. А при постоянстве температуры – скорость износа значительно возрастает.

Ориентировочно можно судить о следующей интегральной зависимости общего вида:

$$S = \int_a^b F(T) dT.$$

Функция $F(T)$ – зависимость скорости изношенных частиц от температуры приемного воздуха, график которого представлен на рис. 4.

Если предположить такую гипотезу, что наша зависимость представляет собой замкнутый эллипс, то можно определить конкретную математическую зависимость скорости износа от температуры окружающего воздуха.

Нами также была составлена зависимость содержания частиц износа деталей в масле от влажности окружающего воздуха (поступающего в приемное устройство компрессора воздуха на сжатие). График изучаемой зависимости представлен на рис. 5.

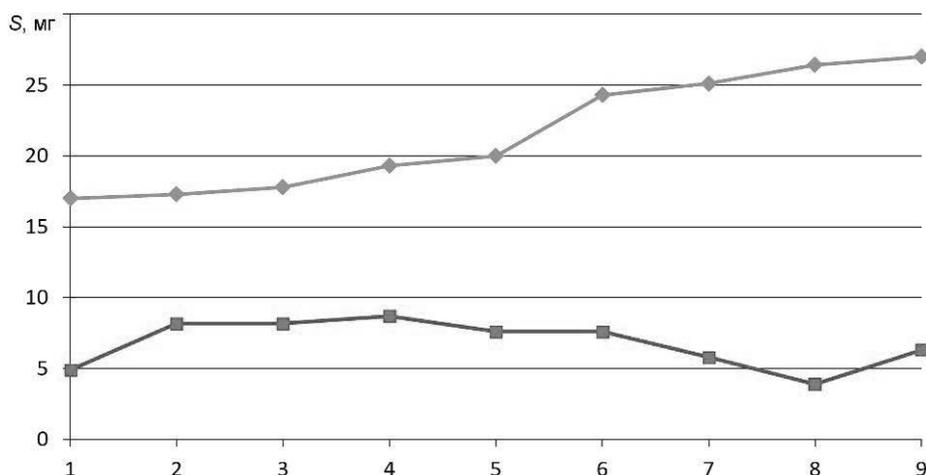


Рис. 5. Графики количества частиц износа от замеров при различной влажности приемного воздуха (■ - $\varphi = \text{var}$; ◆ - $\varphi = \text{const}$)

По графику можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении влажности сжимаемого воздуха, скорость роста изношенных частиц замедляется. Это видно по замерам 1–2 и 8–9.

2. При постоянстве влажности воздуха, скорость частиц в масле значительно возрастает. Это видно по замеру 5–6.

3. При понижении влажности, скорость роста количества частиц также снижается. Это видно по замерам: 4–5, 6–7 и 7–8.

Исходя из этого можно судить о том, что влажность отбираемого компрессором воздуха имеет некие воздействия на количество изношенных частиц металла в работающем масле. Очевидно, что при постоянстве влажности – износу частиц ничто не мешает и износ резко увеличивается. Вероятно, при неизменности этого фактора – в процессах трения создаются некие благоприятные условия для увеличения износа деталей машин. Ничего этому устоявшемуся процессу не мешает. При изменениях же влажности воздуха (увеличение или снижение) – вероятно в трибологических процессах происходят какие-то химические либо физические явления, препятствующие износу трущихся деталей.

Из рис. 2 мы видим, что скорость износа резко увеличилась при 15781 и при 15813 часах. Анализ содержания воды в компрессорном масле на эти моточасы 0,2 и 0,3 %, соответственно. Присутствующая в масле вода резко понизила работоспособность масла из-за гидролиза содержащихся приса-

док. Мы также обнаружили, что воздействие таких внешних факторов, как температура и влажность окружающего воздуха может значительно влиять на износ оборудования в целом. Установив эти закономерности, можно в конечном итоге влиять не на паразитические процессы трения, возникаемые в оборудовании, но использовать косвенный метод. А именно: путем планомерного изменения температуры окружающего воздуха и его влажности – можно добиться значительного уменьшения износа трущихся поверхностей деталей машин. Контроль скорости износа узлов трения оборудования позволяет на ранней стадии выявить и устранить причины повышенного износа. Это в конечном итоге скажется на уменьшении стоимости технического обслуживания оборудования и эффективном снижении себестоимости выпускаемой данным оборудованием конечной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Топлива**, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочное издание / К. Н. Будыштова и др. Химия. – 1989. – С. 108 – 139. ["Fuel, lubricants, technical liquids. Assortment and application: Help izdanie". K. N. Budyshtova, et. al. Chemistry. pp. 108-139. 1989.]
2. **Zadorognaya E., Levanov I., Oskina O.** Study of HTHS Viscosity of modern Motor Oils (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 602 – 606. [E. Zadorognaya, I. Levanov, O. Oskina Study of HTHS Viscosity of modern Motor Oils (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 602-606].
3. **Смазочные материалы** в машинах и при лезвийной обработке резанием / Н. К. Криони и др. – М.: Издательство «Инновационное машиностроение», 2018. – 222 с. [N. K. Krioni, et. al. Lubricants and their application in machines and with the forming surfaces in mechatron machine-

tool systems. – М.: Innovasionnoe mashinostroenie, 2018.].

4. **Гаевик Д. Т.** Справочник смазчика. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с. [D. T. Naevik. Handbook of greaser. - M: Mashinostroenie, 1990].

5. **Словарь-справочник** по трению, износу и смазке деталей машин / В. Д. Зозуля и др.– Киев: Наукова думка, 1990. – 258 с. [V. D. Zozulya, et. al. Dictionary – reference book on friction, wear and lubrication of machine parts. - Kiev: Naukova Dumka, 1990].

6. **Справочник по триботехнике** / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. В 3 т. Т. 2. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с. [Handbook of tribotechnics / under Ls. Ed. M. Hebdy, A.V. Chichinadze. In 3 vol. 2. Lubricants, machinery lubricants, bearings of sliding and rolling. - M: Mashinostroenie, 1990].

ОБ АВТОРАХ

МИГРАНОВ Артур Марсович, асп. каф. ОКМиМ. Дипл. магистр техники и технологии (РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2017). Иссл. в обл. триботехнических параметров смазочных жидкостей.

ГАБДУЛЛИН Азамат Айдарович, студ. каф. МиТЛП.

САДЫКОВ Азамат Фиргатович, асп. кафедры ОКМиМ. Дипл. специалист (УГНТУ, 2014). Иссл. в обл. триботехнических параметров смазочных жидкостей.

METADATA

Title: A study of the influence of external factors on the wear of the friction units screw compressor

Authors: A. M. Migranov ¹, A. A. Gabdullin ², A. F. Sadykov ³

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ migranov_art_1993@inbox.ru, ² mazami@mail.ru, ³ sadykovazamat865@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 109-113, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: In this work experimental research and diagnostics of a technical condition of the screw compressor is considered. The solution to this problem is based on studying the wear rate of friction units for wear products accumulated in the working oil, lubricating-cooling fluids, consistent lubricants. Diagnostics of the technical state was implemented, developed by the NYM of "Himmotolog" multinucleation. It was found that with increasing the humidity of the compressed air, the growth rate of worn particles slows down, but with a decrease in humidity, the growth rate of particles also decreases.

Key words: friction; diagnostics; wear and tear; the compressor; the site of friction; wear; lubrication.

About authors:

MIGRANOV, Artur Marsovich, postgraduate student of the sub-department "Bases of the designing of mechanism and machines" USATU. Mag.-ing. (Gubkin University, 2017). Area of research in tribotechnical parameters of lubricating fluids.

GABDULLIN, Azamat Aydarovich, student dep. MiTLP.

SADYKOV, Azamat Firgatovich, postgraduate student of the sub-department "Bases of the designing of mechanism and machines" USATU. Engineer (USPTU, 2014). Area of research in tribotechnical parameters of lubricating fluids.