

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.997
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS) DOI: [10.15863/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2020 Issue: 12 Volume: 92

Published: 16.12.2020 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Aziz Fayzullaevich Khuzhakulov

Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
institute of general and inorganic chemistry

Doctoral student,

azizxujakulov@mail.ru

Akhliiddin Abdurashitovich Abdunazarov

Namangan state university
senior lecturer of the department of organic chemistry,
Republic of Uzbekistan, Namangan

ahliiddin1985@mail.ru

MODERN APPROACH TO EXTENDING THE SERVICE LIFE OF IMPORTED TURBINE OILS

Abstract: This paper describes a modern approach to extending the life of an oil through regular monitoring of its condition, timely removal of oil degradation products, as well as replenishment of the stock of antioxidant additives.

Key words: turbine oils, phenol, amines, viscosity, viscosity index, varnish formation, additive, oil oxidation, resource, economics.

Language: Russian

Citation: Khuzhakulov, A. F., & Abdunazarov, A. A. (2020). Modern approach to extending the service life of imported turbine oils. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (92), 216-220.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-92-41> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2020.12.92.41>

Scopus ASCC: 1600.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОДЛЕНИЮ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ИМПОРТНЫХ ТУРБИНЫХ МАСЕЛ

Аннотация: В данной работе описан современный подход к продлению срока эксплуатации масла за счёт регулярного мониторинга его состояния, своевременного удаления продуктов деградации масла, а также восполнения запаса антиокислительных присадок.

Ключевые слова: турбинные масла, фенол, амины, вязкость, индекс вязкости, лакообразование, присадка, окисление масла, ресурс, экономика.

Введение

В последние несколько лет многие узбекские энергетические предприятия модернизировали свои производства, установив либо импортные турбины, либо турбины, выпускаемые на территории Узбекистана по лицензиям зарубежных производителей. Чаще всего в этом оборудовании применяются дорогостоящие импортные турбинные масла, к которым предъявляются более жёсткие эксплуатационные требования по сравнению с отечественными

маслами. Для снижения затрат, связанных с заменой импортных масел, необходимо обеспечить максимальное продление их эксплуатационного ресурса.

В настоящей работе описан современный подход к продлению срока эксплуатации масла за счёт регулярного мониторинга его состояния, своевременного удаления продуктов деградации масла, а также восполнения запаса противокислительных присадок. Каждая из этих составляющих детально описана ниже, однако,

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.997
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

прежде всего, необходимо рассмотреть сущность процессов, которые приводят к деградации масла и её нежелательным последствиям.

Окисление масла и его последствия.

Любое турбинное масло в процессе эксплуатации находится в постоянном контакте с воздухом, причём наиболее интенсивно это происходит в маслобаке. Все современные турбинные масла имеют в своем составе противоокислительные присадки, или антиоксиданты, которые защищают базовое масло от окисления при контакте с кислородом воздуха. Принцип их действия заключается в химическом связывании веществ, образующихся непосредственно при реакции с кислородом и вызывающих окисление масла.

В процессе эксплуатации противоокислительные присадки постепенно расходуются и образуют побочные продукты, которые накапливаются в масле и со временем выпадают в осадок. Когда большая часть антиоксидантов израсходована, они перестают справляться со своей защитной функцией, и тогда начинает окисляться уже само базовое масло. Это так же приводит к образованию загрязняющих веществ. Будучи полярными по своей природе, все эти нежелательные продукты окисления легко оседают на металлических деталях агрегатов и образуют лаковые отложения, представляющие собой довольно прочную плёнку, цвет которой

может варьироваться от золотистого до тёмно-бурого [1].

Проблема лакообразования получила широкое распространение с переходом от нефтяных турбинных масел предыдущего поколения к современным высокоочищенным маслам, содержащим комплексные пакеты антиоксидантов. К этой категории относится подавляющее большинство импортных турбинных масел, применяемых в настоящее время в России.

Явление лакообразования не менее опасно, чем загрязнение масла механическими примесями, водой, продуктами износа оборудования, поскольку приводит к целому ряду негативных эффектов, среди которых:

- Заклинивание подвижных деталей (например, сервоклапанов)
- Перегрев подшипников
- Интенсивный износ металлических поверхностей
- Снижение эффективности теплообменников
- Уменьшение проходных сечений масляных каналов
- Преждевременная закупорка фильтров

Всё это может привести к внезапной поломке турбины и огромным затратам, связанным не только самим ремонтом, но и с последствиями простоя оборудования в период внепланового ремонта [2].



Рис.1. Лаковые отложения на золотниках сервоклапанов [2,3].

В зарубежной научно-технической литературе описана характерная особенность современных импортных турбинных масел, которая заключается в том, что их кислотное число и вязкость практически не меняются, пока не израсходована большая часть антиоксидантов. Затем начинается уже окисление базового масла, и наблюдается резкий рост этих показателей, и масло становится непригодным к дальнейшей эксплуатации [4].

Для того чтобы предугадать этот критический момент и не допустить окисление базового масла, необходимо регулярно отслеживать остаточное содержание противоокислительных присадок. Для мониторинга содержания антиоксидантов в импортных маслах используется метод RULER

(Remaining Useful Life Evaluation Routine), которому соответствуют международные стандарты ASTM D6810 [5] и ASTM D6971 [6]. Данным методом пределяется остаточное содержание противоокислительных присадок в эксплуатационном масле в процентах от исходного их содержания в свежем масле. Когда содержание антиоксидантов в масле снижается до уровня 25% и менее, масло считается непригодным к дальнейшему использованию.

Как было упомянуто ранее, по мере расходования противоокислительных присадок происходит накопление в масле лакообразующих примесей. Для контроля загрязненности масла этими веществами и оценки риска образования лаковых отложений используют метод MPC (Membrane Patch Colorimetry), которому

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.997
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

соответствует стандарт ASTM D7843 [7]. Степень загрязненности масла лакообразующими примесями определяется по цветности осадка, который остаётся на мембранном фильтре при пропускании через него пробы эксплуатационного масла, предварительно подготовленной определённым образом.

Очистка масла от продуктов его деградации.

Удаление лакообразующих примесей из масла сопряжено с двумя основными проблемами, которые обусловлены физико-химической природой этих веществ:

1) Лакообразующие примеси могут растворяться в масле при рабочих температурах (порядка 50-70°C), но плохо растворяются в холодном масле. Как следствие, при попадании в холодные зоны системы смазывания турбины либо во время плановых остановов, когда масло охлаждается, эти примеси выпадают в осадок, образуя шлам и лаковый налёт на металлических деталях [8].

2) Размер частиц лакообразующих примесей не превышает 0,1 мкм, в то время как размер пор механических фильтров тонкой очистки, применяемых в системах смазывания турбин, составляет 5 мкм и более. В результате большинство лакообразующих частиц свободно проходит через поры фильтров, поэтому лакообразующие продукты деградации масла невозможно удалить механическими фильтрами. Вместе с тем, частицы этих примесей могут слипаться в более крупные агломераты, которые способны забивать поры фильтров и вызывать их преждевременный выход из строя [9].

С учётом описанных выше особенностей лакообразующих примесей турбинных масел, предлагаемые в настоящее время эффективные способы удаления их из масла можно разделить на две основные категории: электростатическую и адсорбционную очистку. Для реализации каждого из этих методов используют очистительные установки, которые подключаются непосредственно к маслобаку турбины и производят очистку в режиме принудительной циркуляции масла при его рабочей температуре.

Принцип работы электростатических установок заключается в том, проходя через специальный фильтрующий элемент, масло подвергается воздействию электростатического поля высокого напряжения (порядка 15 кВ). Присутствующие в масле полярные частицы примесей, несущие на себе электрический заряд, притягиваются к поверхности фильтрующего материала. Недостатком этого способа является то, что с его помощью из масла удаляются только взвешенные частицы. Кроме того, эффективность электростатических очистительных установок

существенно снижается при наличии воды в масле [10].

Адсорбционная очистка основана на химическом связывании продуктов деградации масла при прохождении его через сорбент – специальную поглощающую среду. В качестве сорбентов могут использоваться неорганические среды (например, цеолиты, силикагель, фуллерова земля, активированный оксид алюминия), либо полимерные ионообменные смолы в виде мелкогранулированного материала с высокой пористостью и большой удельной поверхностью частиц. Применение неорганических сорбентов ограничено тем, что они поглощают из масла не только загрязнения, но и содержащиеся в масле присадки.

В случае использования ионообменных смол масло очищается не только от взвешенных, но и от растворённых лакообразующих примесей. Это позволяет удалять продукты деградации масла до того, как они начнут выпадать в осадок. Кроме того, на данный процесс не влияет присутствие воды в масле. Таким образом, очистка турбинных масел с использованием ионообменных смол является наиболее эффективным способом удаления лакообразующих примесей.

Одним из примеров технологии очистки масел на основе ионообменных смол является так называемый процесс электрофизического сепарирования ESP (от англ. Electrophysical Separation Process), который запатентован компанией Fluitec (США) [9].

Восполнение запаса противокислительных присадок.

Чем больше примесей накапливается в масле, тем быстрее оно окисляется, поскольку образующиеся побочные продукты выступают в роли катализатора и ускоряют расходование антиоксидантов. Применение очистительных установок позволяет продлить срок службы масла, однако ресурс масла ограничен моментом, когда присадок остаётся слишком мало (менее 25% от исходного уровня). Как было сказано выше, относительное содержание присадок оценивается методом RULER. Когда присадок в масле остаётся немного, но базовое масло ещё пригодно к дальнейшей эксплуатации, в это масло можно ввести противокислительные присадки, продлевая срок службы масла без необходимости его замены.

Для этой цели компанией Fluitec была создана специальная добавка Boost AO, представляющая собой концентрат противокислительных присадок в синтетическом базовом масле. Базовое масло подобрано так, что оно совместимо с большинством используемых в настоящее время турбинных масел, поэтому Boost AO можно заливать непосредственно в маслобак

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.997
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

работающей турбины без применения специального оборудования для смешивания масел. Тем не менее, прежде чем вводить Boost АО в турбинное масло, необходимо провести серию квалификационных испытаний на совместимость в соответствии со стандартом ASTM D7155 [11]. При положительных результатах квалификационных испытаний концентрат Boost АО можно безопасно вводить в эксплуатационное масло.

Примером успешного применения концентрата Boost АО является опыт, проведенный на электростанции Mesquite Power в штате Техас, США [12]. Эксплуатационное масло было проанализировано до и после добавления Boost АО по ряду показателей, среди которых процентное содержание аминов и фенолов методом RULER и потенциал лакообразования методом MPC (табл. 1).

Таблица 1. Результаты анализов эксплуатационного турбинного масла до и после добавления Boost АО

	Октябрь 2019, до добавления Boost АО	Октябрь 2019, после добавления Boost АО	Октябрь 2020
RULER (амины, %)	60	208	188
RULER (фенолы, %)	50	216	22
MPC, ΔE	15	3	8

Из таблицы видно, что после добавления Boost АО содержание аминов и фенолов существенно повысилось, и по данным на октябрь 2020 года оставались в пределах нормы. Следует отметить, что потенциал лакообразования MPC так же поддерживался в пределах нормы, что свидетельствует о низкой концентрации продуктов окисления в эксплуатационном масле. Благодаря этому электростанция Mesquite Power увеличила срок эксплуатации масла без замены до 100 000 часов, и в будущем планирует увеличить этот показатель до 200 000 часов.

Таким образом, регулярный мониторинг состояния эксплуатационного турбинного масла, технология очистки ESP и восполнение пакета противоокислительных присадок с помощью концентрата Boost АО составляют основу

концепции Fill-for-life («Технологии вечного масла»), предлагаемой компанией Fluites. Основной смысл этой концепции сводится к тому, что при поддержании масла в работоспособном состоянии срок его эксплуатации можно продлить на весь срок службы оборудования. В Европе и США эта концепция широко распространена и позволяет достичь хороших результатов. Учитывая проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при эксплуатации импортных турбин и масел, такой подход необходимо активно внедрять и в узбекской энергетической отрасли для повышения производственной эффективности и, в конечном счёте, экономии финансовых ресурсов благодаря исключению внеплановых ремонтов и преждевременной замены масла.

References:

1. (n.d.). Noria Corporation. 10 Things You Should Know About Varnish.
2. (n.d.). Retrieved from <http://www.machinerylubrication.com/Read/30236/know-about-varnish>
3. (n.d.). Noria Corporation. How to Detect Varnish in Turbine Oils.
4. (n.d.). Retrieved from <http://www.machinerylubrication.com/Read/29431/varnish-turbine-oils>
5. Truong, N. (2007). Today's Varnish Control Technologies. *Practicing Oil Analysis*, №11.
6. Livingstone, G., Ameye, J., & Thompson, B. (2010). Rethinking Condition Monitoring Strategies for Today's Turbine Oils. *Machinery Lubrication*, №3.
7. (n.d.). ASTM D6810 - 13. Standard Test Method for Measurement of Hindered Phenolic Antioxidant Content in Non-Zinc Turbine Oils by Linear Sweep Voltammetry.
8. (n.d.). ASTM D6971 - 09. Standard Test Method for Measurement of Hindered Phenolic and Aromatic Amine Antioxidant Content in Non-zinc Turbine Oils by Linear Sweep Voltammetry.

Impact Factor:	ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИИ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.997	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

9. (n.d.). *ASTM D7843 -16. Standard Test Method for Measurement of Lubricant Generated Insoluble Color Bodies in In-Service Turbine Oils using Membrane Patch Colorimetry.*
10. Ievlev, A. V. (1971). *Jekspluatacija paroturbinih ustanovok nebol'shoj moshhnosti*, 3-e izd. Moscow: Jenergija.
11. Lindke, C., & Ameye, J. (2017). *The integration of an oil condition monitoring and contamination control program on steam turbines machine park at a Waste to Energy power plant.* OilDoc 2017. Conference Proceedings, - Brannenburg, Germany: OilDoc GmbH. .
12. Farooq, K. (2012). Effective Varnish Removal from Turbine Lubrication Systems. *Machinery Lubrication*, №4.
13. (n.d.). *ASTM D7155 - 11. Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Turbine Lubricating Oils.*
14. Livingstone, G., & Joy, M. (2017). *Long-Term Results of Turbine Oil Antioxidant Replenishment at a Combined Cycle Power Plant.* OilDoc. Conference Proceedings, - Brannenburg, Germany: OilDoc GmbH.