

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время газопоршневые электростанции соответствуют требованиям по долговечности и надежности, которые предъявляются к силовым электрическим источникам. Электроустановка на базе газопоршневого двигателя (ГПД) имеет широкий диапазон использования различного газообразного топлива, включая биогаз, может иметь необходимую мощность и пониженные выбросы в окружающую среду. Межремонтный период двигателей составляет не менее 65 000 моточасов. Высокая температура воды в рубашке охлаждения позволяет производить утилизацию тепла, а совместная выработка тепловой и электрической энергии может до 40 % снизить расходы на топливо, значительно повысить коэффициент полезного действия установки. Для электростанции G3516 возможна поставка модуля утилизации тепла, система подпитки и замены масла, электрооборудование, системы управления и прочее оборудование. Для применения вне специального помещения и эксплуатации в сложных условиях установки размещаются в модульных зданиях (блок-контейнерах), в которых поддерживается оптимальная температура и обеспечивается вентиляция помещения. В блок модуля возможно размещение всего дополнительного оборудования для функционирования теплоэлектростанции. Генераторные установки с утилизацией тепла имеет возможность применения на объектах, потребляющих тепловую и электрическую энергию.

Эксплуатация под наблюдением проводилась в период с декабря 2015 г. по март 2016 г. в соответствии с требованиями согласованной «Программы-методики». На протяжении всего периода подконтрольной эксплуатации контролировались базовые рабочие параметры ГПД. В ходе работ выполнялся отбор проб и их анализ в независимом испытательном центре. За время проведения опытно-промышленных испытаний было отобрано одна проба свежего и более 50 проб работавшего масла.

Лабораторный анализ проб работавших масел выполнялся в объеме согласованном в «Программе-методике» испытаний с определением следующих показателей:

- вязкость кинематическая при 40 и 100 °С;
- щелочное число;
- кислотное число;
- содержание элементов износа;
- содержание загрязнений;
- содержание активных элементов присадок;

- степень деградации;
- содержание воды;
- pH – кислотность.

ВЯЗКО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА МАСЛА

Кинематическая вязкость – это одна из важнейших характеристик моторного масла. В процессе эксплуатации кинематическая вязкость моторного масла меняется, отклонения данного показателя от установленных норм ведут к нарушению режима работы двигателя [1].

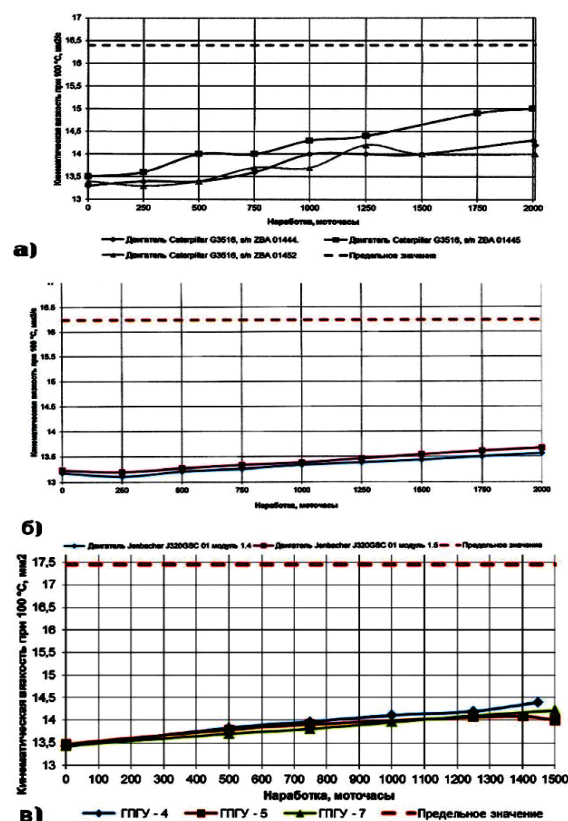


Рисунок 1 – Динамика изменения кинематической вязкости при 100 °С моторного масла G-Profi PSN 40 в двигателях:
а) Caterpillar G 3516 s/n ZBA,
б) Jenbacher J320GSC 01,
в) Waukesha L5794 GSI

Предельное увеличение кинематической вязкости моторного масла при 100 °С, согласно нормам Caterpillar, не должно превышать 3.0 сСт от значения свежего масла. Значение кинематической вязкости свежего масла G-Profi PSN 40 равно 13,40 сСт, таким образом предельное значение кинематической вязкости работающего масла составляет 16,40 сСт.

На протяжении всего периода проведения испытаний кинематическая вязкость работающего масла G-Profi PSN 40 во всех подконтрольных двигателях находилась в пределах установленных норм. На момент завершения испытаний кинематическая вязкость составила:

- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01444 (наработка 2010 м/ч) – 14,2 сСт;
- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01452 (наработка 1997 м/ч) – 15,0 сСт;
- Caterpillar G 3516 s/n ZBA 01445 (наработка 2009 м/ч) – 14,0 сСт.

Согласно инструкции Waukesha, предельное увеличение кинематической вязкости моторного масла при 100 °С не должно превышать + 30 % от значения свежего масла. Значение кинематической вязкости при 100 °С партии свежего масла G-Profi PSN 40, поставленного для проведения испытаний, равно 13,42 сСт, а значит, предельное значение кинематической вязкости работающего масла составит 17,45 сСт. На протяжении всего срока подконтрольной эксплуатации значения кинематической вязкости при 100 °С масла G-Profi PSN 40 находились в пределах установленных норм. На момент завершения испытаний значение кинематической вязкости при 100 °С составило:

- ГПГУ 4: 14,40 сСт; - ГПГУ 5: 14 сСт; - ГПГУ 7: 14,22 сСт; - ГПГУ 1: 13,28 сСт; - ГПГУ 7: 14,06 сСт.

Полученные результаты свидетельствуют о стабильности вязкостно-температурных свойств работающего масла G-Profi PSN 40.

Согласно нормам Jenbacher (инструкция TI 1000-0099B) максимальный прирост кинематической вязкости моторного масла при 100 °С, не должен превышать 3,0 сСт от значения свежего масла. Кинематическая вязкость при 100 °С партии свежего масла G-Profi PSN 40, поставленного для проведения испытаний, равна 13,24 сСт, таким образом, браковочное значение для масла G-Profi PSN 40 составит 16,24 сСт. В период подконтрольной эксплуатации значения кинематической вязкости при 100 °С масла G-Profi PSN 40 изменилась не значительно. На момент завершения испытаний значение кинематической вязкости при 100 °С составило:

- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 = 13,56 сСт
- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 = 13,67 сСт

Полученные результаты свидетельствуют

о стабильности вязкостно-температурных свойств масла.

МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИЕ И НЕЙТРАЛИЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

Основным показателем диспергирующих и нейтрализующих свойств моторного масла является щелочное число. В ходе работы масла его щелочное число снижается вследствие срабатывания детергентно-диспергирующих присадок и накопления продуктов с кислотными свойствами (продукты окисления масла, продукты неполного сгорания топлива) [2.3]. Запас щелочного числа относительно установленного предельного значения определяет ресурс работоспособности моторного масла в конкретных условиях эксплуатации. Предельное значение щелочного числа работавшего масла, согласно инструкции Waukesha, не должно быть ниже 30% от значения свежего [4]. Значение щелочного числа свежего масла G-Profi PSN 40 равно 5,62 мгКОН/г., таким образом, для работающего масла G-Profi PSN 40 минимальный показатель щелочного числа составит 1,7 мгКОН/г. Показатели щелочного числа работающего масла на протяжении всего периода эксплуатационных испытаний в подконтрольных двигателях Waukesha не достигли предельного значения.

Кислотное число характеризует степень накопления в масле продуктов окисления. Его прирост, согласно нормам Waukesha, не должен превышать + 3 мгКОН/г к значению свежего масла. Кислотное число свежего масла было равно 0,64 мгКОН/г., таким образом, для работающего масла G-Profi PSN 40 предельным значением кислотного числа является 3,6 мгКОН/г.

Щелочное число работающего масла G-Profi PSN 40 достигло браковочного значения – в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 и в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 при наработке 1250 м/ч.

Прирост согласно нормам Jenbacher не должен превышать значения 2,5 мгКОН/г от значения свежего масла. Кислотное число свежего масла было равно 0,44 мгКОН/г таким образом, для G-Profi PSN 40 оно составит 2,94 мгКОН/г.

Кислотное число работающего масла достигло предельного значения:

- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.4 при наработке 1750 м/ч;
- в двигателе Jenbacher J320GSC 01 модуль 1.5 при наработке 1500 м/ч.

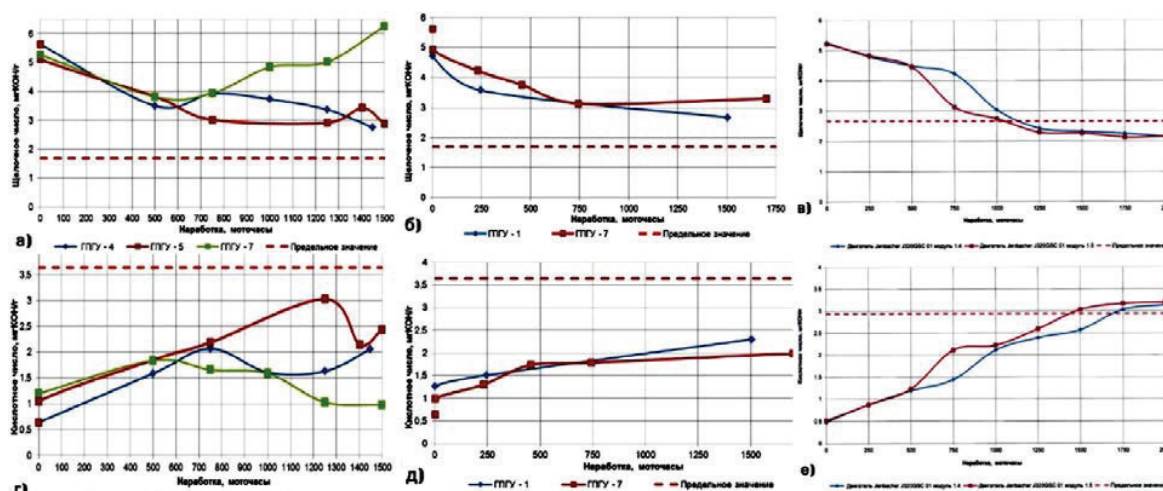


Рисунок 2 – Динамика изменения щелочного и кислотного чисел моторного масла G-Profi PSN 40 в подконтрольных двигателях:

- а), б) – изменение щелочного числа от наработки для двигателей Waukesha L5794 GSI;
- в) – изменение щелочного числа от наработки для двигателей - Jenbacher J320GSC 01;
- г), д) – изменение кислотного числа от наработки для двигателей Waukesha L5794 GSI;
- е) – изменение кислотного числа от наработки для двигателей - Jenbacher J320GSC 01

ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА

Железо (Fe) – основной индикатор процессов износа деталей цилиндро-поршневой группы, так как является основным компонентом основных деталей двигателя. Значение его содержания в работающем масле характеризует степень износа [5,6]. По нормативно-технической документации предельное значение концентрации железа в масле не должно превышать 25 ppm [7]. Концентрация

железа в работающем масле G-Profi PSN 40 на протяжении всего периода испытаний во всех подконтрольных двигателях оставалась ниже предельного значения. Также наблюдалось появление в масле незначительной концентрации другого элемента - алюминия (Al), но его содержание в подконтрольных двигателях не поднималось выше фоновых значений (2 - 3 мг/кг).

Также наблюдалось появление в масле незначительной концентрации других элементов

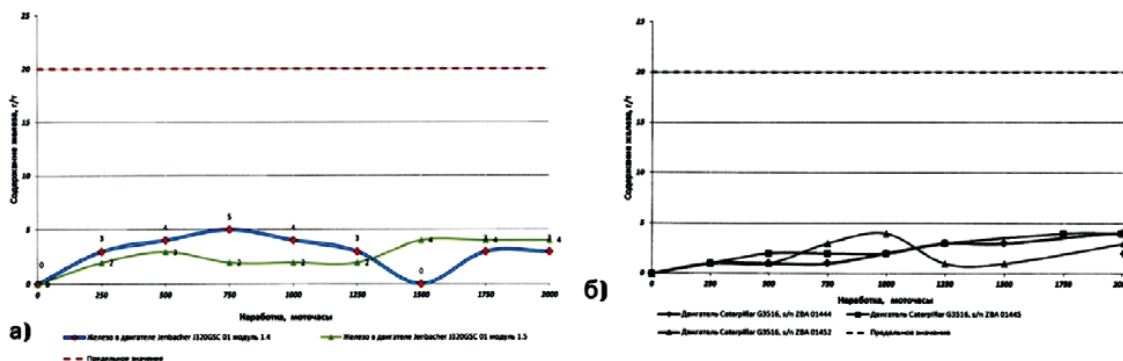


Рисунок 3. Динамика изменения содержания железа в моторном масле G-Profi PSN 40 для двигателей: а) - Caterpillar G3516 s/n ZBA; б) - Jenbacher J320GSC 01

меди, алюминия, но их содержание не поднималось выше фоновых значений (2-3 ppm). Только лишь в двигателе Caterpillar G3516, s/n ZBA 01452 зафиксирован небольшой всплеск концентрации меди (Cu) с последующей стабилизацией. Полученные результаты свидетельствуют о нормальном процессе износа оборудования и эффективной работе фильтрующих элементов.

ПОПАДАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

а) Загрязнение охлаждающей жидкостью.

Основными индикаторами попадания охлаждающей жидкости в масло являются элементы натрия (Na) и калия (K). Попадая в моторное масло, охлаждающая жидкость способна существенно изменять свойства масла [8]. Попадание охлаждающей жидкости в моторное масло не было зафиксировано. В большинстве отобранных работающих масел всех подконтрольных двигателей концентрация натрия равна нулю.

б) Загрязнение атмосферной пылью.

Индикатором попадания в моторное масло атмосферной пыли является такой элемент, как кремний (Si). Низкий уровень содержания кремния в двигателях говорит об отсутствии загрязнения масла G-Profi PSN 40. Только в двигателе Caterpillar G3516, s/n ZBA 01452 зафиксировано разовое увеличение концентрации кремния (Si = 10 ppm), что, в свою очередь, обуславливает кратковременное увеличение концентрации меди в этом же двигателе.

в) Загрязнение водой.

Вода в моторном масле на протяжении всего периода испытаний во всех подконтрольных двигателях отсутствовала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что моторное масло G-Profi PSN 40 в течение всего периода подконтрольной эксплуатации (2250 м/ч) во всех двигателях Caterpillar G 3516 сохранило свою работоспособность и продемонстрировало стабильность всех основных физико-химических характеристик, что свидетельствует о высоком уровне его эксплуатационных свойств.

Все контролируемые физико-химические показатели масла G-Profi PSN40 подконтрольных двигателей Waukesha L5794GSI в течение всего периода испытаний находились в пределах нормативных значений, интервал замены масла G-Profi PSN 40 может быть не менее 1700 м/ч.

Рекомендуемый интервал замены G-Profi PSN 40 в условиях эксплуатации двигателей Jenbacher J320GSC01 составляет 1250 м.ч.

В период испытаний не было выявлено загрязнения масла антифризом и атмосферной пылью, что отражает хорошее состояние двигателей и высокий уровень технического обслуживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев С.В. О работоспособности моторных масел / Корнеев С.В. // Двигателестроение. -2014.- № 4.- С. - 36-38.

2. Качество моторных масел при обеспечении надежности и долговечности машин./ Утаев С.А.// Техника и технологии: Пути инновационного развития. материалы 11-й Международной научно-практической конференции 19-21 марта 2014 г./ Каршинский государственный университет. - Карши, 2014.-С. 250-251.

3. Газопоршневые установки в современных энергетических условиях / Галкина Н.И, Антонов А.А. // Строительство – 2015, материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона 16-17 мая 2015 г./ Ростовский государственный строительный университет.- г. Ростов-на-Дону, 2015. - С.154-156.

4. Основы химмотологии и физико-химические методы анализа. Определение физико-химических характеристик масел: методические указания к лабораторным работам/ ОмГТУ; сост - С.В.Корнеев, Азарова О.П., Шубенкова Е.Г.,Адяева Л.В., Пономаренко В.С -Омск, ОмГТУ, 2011. – 43 с.

5. Анализ качества моторных масел двигателя, работающего на газовом топливе / Утаев С.А. // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : материалы 11-й Международной научно-практической конференции 19-21 марта 2014 г./ Каршинский государственный университет. - Карши, 2014.-С. 238-240.

6. Химические изменения, протекающие в моторных маслах в ходе их эксплуатации / Корякина В.В., Тимофеева Е.Н. // Новые материалы и технологии в условиях Арктики. Материалы международного симпозиума 25-27 июня 2014 г. Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова.- Якутск, 2014. - С 46-51.

7. Обоснование предельной концентрации

элементов износа в моторном масле./ Королев А.Е. // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Материалы международной научно-практической конференции. МЦНС «Наука и Просвещение» 05 марта 2016г. / Государственный аграрный универси-

тет Северного Зауралья.- Пенза, 2016.- С. 53-56.

8. Нигматуллин Р.Г. Устройство для определения содержания охлаждающей жидкости в моторном масле./ Нигматуллин Р.Г, Констенков Д.М., Хафизова А.Г., Пелецкий С.С. // Мир измерений – 2011. -№3.- С.39-41.

CHANGING CHARACTERISTICS OF MOTOR OILS IN GAS ENGINES OF GREAT POWER

S. V. Korneev, S. V. Pashkevich, A. O. Trishkin, R.V. Buravkin

Abstract. *The article presents the results of studying the characteristics of engine oil G-Profi PSN 40, designed for use in gas engines of power plants fitted to mine. It reflects the issues of the changing characteristics of the engine oil during use and determine the frequency of their replacement. Examines the changing characteristics of engine oils as kinematic viscosity, base number, acid number, and also evaluated the tribological properties of the content of wear products. The conclusions about the feasibility of using the investigated engine oil.*

Keywords: *engine oil, power, gas-piston engine, the coolant has a kinematic viscosity.*

REFERENCES

1. Korneev, S.V. O rabotosposobnosti motornyh masel [About operability of engine oils]. Dvgatelestroyeniye. 2014. no. № 4, pp. 36-38.

2. Utaev S.A. Kachestvo motornyh masel pri obespechenii nadezhnosti i dolgovechnosti mashin.Tehnika i tehnologii [Quality of engine oils when ensuring reliability and durability of cars]. Materialy 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Puti innovacionnogo razvitiya» [Materials of the 11th International scientific and practical conference «Equipment and technologies: Ways of innovative development»]. 2014, pp. 250-251.

3. Galkina N.I., Antonov A.A. Gazoporshnevye ustanovki v sovremennyh jenergeticheskikh usloviyah

[Gas-piston installations in modern power conditions]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii « Stroitel'stvo – 2015» [Materials of the international scientific and practical conference «Construction – 2015»]. Rostov-on-Don, 2015, pp. 154-156.

4. Korneev S.V., Azarova O.P., Shubenkova E.G., Adjaeva L.V., Ponomarenko V.S. Osnovy himmotologii i fiziko-himicheskie metody analiza. Opredelenie fiziko-himicheskikh harakteristik masel: metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam [Bases of a himmotologiya and physical and chemical methods of the analysis. Definition of physical and chemical characteristics of oils:

methodical instructions to laboratory works]. Omsk, OmGTU, 2011, 43 p.

5. Utaev S.A. Analiz kachestva motornyh masel dvigatelja, rabotajushhego na gazovom toplive [The analysis of quality of engine oils of the engine using gas fuel]. Materialy 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tehnologii i innovacii» [Materials of the 11th International scientific and practical conference « Modern tool systems, information technologies and innovations»]. 2014, pp. 238-240.

6. Korjakina V.V., Timofeeva E.N. Himicheskie izmeneniya, protekajushhie v motornyh maslah v hode ih jekspluatacii [The chemical changes proceeding in engine oils during their operation]. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Novye materialy i tehnologii v usloviyah Arktiki» [Materials of the international symposium «New materials and technologies in the conditions of the Arctic»]. Yakutsk, Northeast federal university of M. K. Ammosov, 2014, pp. 46-51.

7. Korolev A.E. Obosnovanie predel'noj koncentracii jelementov iznosa v motornom masle [Justification of extreme concentration of elements of wear in engine oil]. Materials of the international scientific and practical conference «Basic and applied scientific research: topical issues, achievements and innovations» [Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Fundamental'nye i

