

УДК 629.113.8

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

АСПЕКТЫ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ (LSPI)

Драгуленко Владислав Владимирович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 2088-7914
vlad400@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Остапенко Иван Иванович
t9913552@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Хохлачев Дмитрий Сергеевич
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Дидок Егор Андреевич
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Богдан Александр Владимирович – младший
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Рассмотрены причины преждевременного воспламенения топливоздушной смеси в современных бензиновых двигателях с непосредственным впрыском топлива (GDI / T-GDI), основной причиной которого часто является использование моторных масел, не соответствующего допускам завода-изготовителя. Такое сопровождающееся преждевременное воспламенение топливоздушной смеси (LSPI) вызывает разрушение масляной пленки на стенках цилиндра, приводит к появлению задигов на них и способствует разрушению поршней в цилиндрах блока двигателя, что негативно сказывается на его общем ресурсе и ведет к преждевременному капитальному ремонту. Поэтому правильный подбор качественного моторного масла необходим для обеспечения должного ресурса, заложенного заводом-изготовителем, современных двигателей с непосредственным впрыском топлива

Ключевые слова: ДОПУСКИ МОТОРНОГО

UDC 629.113.8

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

THE ASPECTS OF LOW FUEL PIMPING (LSPI)

Dragulenko Vladislav Vladimirovich
candidate of technical sciences, Associate Professor
RSCI SPIN code: 2088-7914
vlad400@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Ostapenko Ivan Ivanovich
t9913552@yandex.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Khokhlachev Dmitry Sergeevich
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Didok Egor Andreevich
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Bogdan Alexander Vladimirovich - Jr.
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

The article discusses the causes of premature ignition of the fuel-air mixture in modern gasoline engines with direct fuel injection (GDI / T-GDI), the main reason for which is often the use of motor oils that do not meet the manufacturer's tolerances. Such accompanied premature ignition of the fuel-air mixture (LSPI) causes the destruction of the oil film on the cylinder walls, leads to the appearance of scuffs on them and contributes to the destruction of pistons in the cylinders of the engine block, which negatively affects its overall service life and leads to premature overhaul. Therefore, the correct selection of high-quality motor oil is necessary to ensure the proper service life, laid down by the manufacturer, of modern engines with direct fuel injection

Keywords: ENGINE OIL TOLERANCES,

МАСЛА, ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ
ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ
СМЕСИ, КЛАССИФИКАЦИЯ МОТОРНЫХ
МАСЕЛ, ПОРШЕНЬ, ЗАДИРЫ ЦИЛИНДРОВ
БЛОКА ДВИГАТЕЛЯ

PREMAGNIFICATION OF FUEL-AIR MIXTURE,
ENGINE OIL CLASSIFICATION, PISTON,
ENGINE BLOCK CYLINDER SCREWING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-208-032>

В настоящее время в двигателестроении продолжается совершенствование процесса превращения тепловой энергии горения топливовоздушной смеси в поступательную энергию движения поршня. Одной из прогрессивных технологий стало применение непосредственного впрыска бензина в цилиндр двигателя по аналогии с впрыском дизельного топлива. Такие системы питания бензиновых моторов появились в начале XXI века [4], что привело к массовому внедрению таких систем подачи топлива во многие бензиновые двигатели различных автопроизводителей: например, концерн Volkswagen AG был тем, кто первый стал массово применять такую систему на различных выпускаемых двигателях внутреннего сгорания (ДВС). По сравнению с распределенным впрыском такая система отличалась точной дозировкой топлива и способствовала значительной экономичности без потери мощности ДВС.

Однако, ей были присущи и недостатки: периодически возникает явление LSPI (Low-speed pre-ignition), также известное как SPI (Stochastic pre-ignition) – преждевременное воспламенение топливной смеси на малых оборотах работы двигателя [5]. Такое некорректное горение смеси также сопровождается громкими стуками в ДВС, падением выходной мощности и резким повышением температуры охлаждающей жидкости. Данное явление можно сравнить с детонацией, так как также приводит к преждевременному выходу из строя элементов шатунно-поршневой группы, что наглядно показано на рисунке 1.

Достаточно долгое время данная проблему автопроизводители не могли устранить, но к настоящему времени стало известно, что данное

<http://ej.kubagro.ru/2025/04/pdf/32.pdf>

негативное явление можно устранить, используя другой тип моторного масла в отличие от ДВС с распределенным впрыском: применение обычного масла приводило к появлению масляного нагара, с которым контактировал бензин и его смесь с воздухом, что приводило к преждевременному воспламенению [3], проиллюстрированный на рисунке 2. Для устранения данной причины для ДВС с непосредственным впрыском топлива необходимо было разработать новый стандарт для моторных масел. К настоящему времени его разработали и внедрили многие мировые производители моторных масел, в том числе и российский производитель «Лукойл».



Рисунок 1 – Внешний вид разрушенного в результате преждевременного воспламенения топливоздушнoй смеси (LSPI) поршня двигателя с непосредственным впрыском топлива

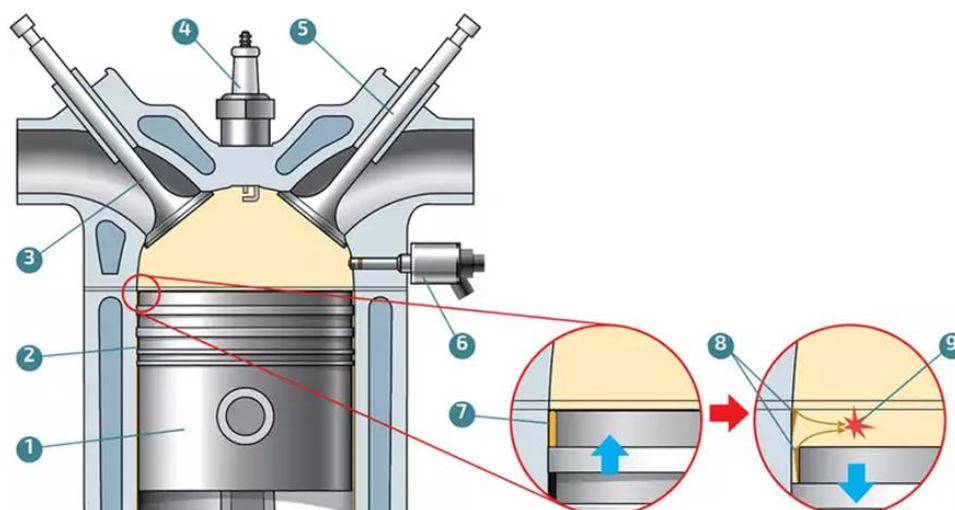


Рисунок 2 – Процесс преждевременного воспламенения топливовоздушной смеси, где: 1 – поршень, 2 – масляная пленка на стенке цилиндра, 3 – выпускной клапан, 4 – свеча зажигания, 5 – впускной клапан, 6 – форсунка 7 – смесь масла с топливом, 8 – масляной нагар, 9 – раскаленные частицы нагара

В маслах нового стандарта API SP российского производителя есть пояснение, что для борьбы с эффектом LSPI используется особая комбинация моющих присадок (детергентов). Многолетние опыты и испытания показали, что традиционные детергенты на основе сульфонатов кальция могут увеличивать частоту возникновения феномена LSPI, поэтому в новых рецептурах масел для малолитражных турбированных двигателей с высокой степенью сжатия, оборудованных системой непосредственного впрыска, содержание моющих присадок на основе кальция значительно снижено. В современных пакетах присадок часть кальциевых детергентов заменена на магниевые, не вызывающих возникновения эффекта LSPI. Более того, практика показывает, что присадки, содержащие цинк, фосфор и молибден, помимо своих основных противоизносных функций, также помогают снизить вероятность возникновения данного эффекта [1].

В настоящее время ДВС с каждым новым поколением продолжают совершенствоваться, однако и государственные регуляторы предъявляют

все новые и новые требования по экономичности и экологичности выхлопа, что приводит к тому, что многие автопроизводители пытаются внедрять заранее новые технологии, тем самым работая на опережение. Сегодня текущий стандарт моторных масел API SP (принят в мае 2020 года) уже не совсем подходит новым ДВС, так как законодательство различных стран требует от автопроизводителей соблюдения все более строгих требований по экономии топлива и экологичности. Для этого в двигателях применяются новые технологии, которые не могут работать на маслах прежних стандартов. Для этих целей и разработан стандарт API SQ.

Планировалось, что новый стандарт для моторных масел API SQ будет вводиться в 2028 году, однако в августе 2024 года была объявлена другая дата FAU (first allowable use – первого разрешенного использования) – 31 марта 2025 года. Также Агентство по охране окружающей среды (EPA) разработало стандарты выбросов загрязнителей для автомобилей с ДВС 2027 модельного года. Согласно им, производительность двигателей повысится и с каждого литра рабочего объема двигателя будет «сниматься» большая мощность при сокращении расхода топлива. Для этого необходим более высокий контроль за процессом окисления масла и отложением слоя его нагара на элементах головки и блока цилиндров. Из этого также вытекает необходимость повышенной защиты элементов газораспределительного механизма (ГРМ) от износа, совместимость с новыми материалами уплотнителей и защита от гелеобразования масла.

Новый стандарт масел производителя «Лукойл» приводит следующие характеристики масел нового стандарта API SQ по сравнению с API SP:

- повышение прокачиваемости масла при низких температурах – +33%;
- защита от масляного нагара на поршнях – +9,5%;
- улучшенная защита цепи ГРМ от износа – +5,9%.

Сейчас также изменены и условия испытаний новых масел стандарта API SQ. Если масла API SP проверялись на противодействие преждевременному воспламенению топливовоздушной смеси (LSPI) сразу после заливки в ДВС, то воздействие масел API SQ оценивается через 72 часа. Данный тест, получивший название Aged Oil LSPI, позволяет оценить характеристики масла при работе в реальных условиях эксплуатации двигателя с непосредственным впрыском топлива. Результаты стендовых испытаний показали, что по ряду показателей масла отечественного производителя стандарта API SQ даже превышают предъявляемые новой спецификацией требования [2]. Данные моторные масла рекомендуется использовать в атмосферных и турбированных двигателях с системой непосредственного впрыска (GDI / T-GDI), а также и в ДВС, оснащенных фильтром твердых частиц (GPF).

Новый стандарт моторных масел позволяет продлить ресурс элементов шатунно-поршневой группы современных бензиновых ДВС типов GDI, T-GDI, GPF при увеличении снимаемой мощности и высокой теплонагруженности и самих двигателей в целом.

Список литературы (References)

1. Advanced Methods to Handle LSPI in TGDI Engines / S. N, A. Kannaiyan, H. Arivukkarasu [et al.] // SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility. – 2020. – Vol. 3, No. 1. – P. 614-620. – DOI 10.4271/2020-28-0008.
2. Assessing the Impact of Lubricant and Fuel Composition on LSPI and Emissions in a Turbocharged Gasoline Direct Injection Engine / A. Kar, A. Huisjen, A. Aradi [et al.] // SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility. – 2020. – Vol. 2, No. 5. – P. 2568-2580. – DOI 10.4271/2020-01-0610.
3. Драгуленко, В. В. Задиры и преждевременное разрушение цилиндропоршневой группы современных ДВС / В. В. Драгуленко, Я. А. Корж // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 04–05 февраля 2021 года. Том I. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 67-70.
4. Курасов, В. С. Теория двигателей внутреннего сгорания / В. С. Курасов, В. В. Драгуленко, С. М. Сидоренко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2013. – 86 с. – ISBN 978-5-94672-740-2.

5. Низкоскоростное предварительное зажигание (LSPI) или преждевременное воспламенение на малых оборотах в турбированных ДВС с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI) / А. А. Дьяков, Т. Е. Лихачева, Л. П. Шестопалова, Д. Г. Егоров // Проблемы экспертизы в автомобильно-дорожной отрасли. – 2023. – № 2(7). – С. 3-10.

References

1. Advanced Methods to Handle LSPI in TGDI Engines / S. N, A. Kannaiyan, H. Arivukkarasu [et al.] // SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility. – 2020. – Vol. 3, No. 1. – P. 614-620. – DOI 10.4271/2020-28-0008.

2. Assessing the Impact of Lubricant and Fuel Composition on LSPI and Emissions in a Turbocharged Gasoline Direct Injection Engine / A. Kar, A. Huisjen, A. Aradi [et al.] // SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility. – 2020. – Vol. 2, No. 5. – P. 2568-2580. – DOI 10.4271/2020-01-0610.

3. Dragulenko, V. V. Zadiry i prezhdevremennoye razrusheniye tsilindroporshnevoy gruppy sovremennykh DVS / V. V. Dragulenko, YA. A. Korzh // Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki: prikladnyye i issledovatel'skiye aspekty : Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Nal'chik, 04–05 fevralya 2021 goda. Tom I. – Nal'chik: Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M. Kokova", 2021. – P. 67-70.

4. Kurasov, V. S. Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya / V. S. Kurasov, V. V. Dragulenko, S. M. Sidorenko. – Krasnodar : Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2013. – 86 s. – ISBN 978-5-94672-740-2.

5. Низкоскоростное предварительное зажигание (LSPI) или преждевременное воспламенение на малых оборотах в турбированных ДВС с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI) / А. А. Дьяков, Т. Е. Лихачева, Л. П. Шестопалова, Д. Г. Егоров // Проблемы экспертизы в автомобильно-дорожной отрасли. – 2023. – № 2(7). – P. 3-10.