

УДК 629.113.8

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

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА НА ПОСТОЯННОЙ ОСНОВЕ В ДВИГАТЕЛЯХ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ СЖАТИЯ

Драгуленко Владислав Владимирович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 2088-7914
400vlad@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Ефимов Николай Романович
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Музыченко-Бакланов Кирилл Сергеевич
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Малахатка Владислав Юрьевич
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Рассмотрены особенности работы современных высокотехнологичных бензиновых двигателей на бензине с низким октановым числом (АИ 92). Длительная работа двигателей внутреннего сгорания на таком топливе стремительно сокращает его ресурс, так как на такте сжатия возникают детонационные явления, которые вызывают как разрушение масляной пленки на цилиндрах двигателя, вследствие чего происходит разрушение цилиндропоршневой группы. То есть, очень важно соблюдать допуски по октановому числу бензинового топлива, которые предписаны заводом-изготовителем: при их соблюдении не будет повреждений шатунно-поршневой группы двигателя и мощностные показатели будут соответствовать паспортным

Ключевые слова: НИЗКООКТАНОВОЕ ТОПЛИВО, ВОСПЛАМЕНЕНИЕ, ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ДЕТОНАЦИЯ, РАЗРУШЕНИЕ ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-016>

UDC 629.113.8

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

THE FEATURES OF USING LOW-OCTANE GASOLINE ON A CONTINUOUS BASIS IN HIGH-COMPRESSION ENGINES

Dragulenko Vladislav Vladimirovich
Candidate of technical sciences, Associate Professor
RSCI SPIN code: 2088-7914
400vlad@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Efimov Nikolay Romanovich
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Muzychenko-Baklanov Kirill Sergeevich
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Malakhata Vladislav Yuryevich
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

The features of operation of modern high-tech gasoline engines on gasoline with a low octane number (AI 92) are considered. Long-term operation of internal combustion engines on such fuel rapidly reduces its resource, since detonation phenomena occur on the compression stroke, which cause both the destruction of the oil film on the engine cylinders, as a result of which the cylinder-piston group is destroyed. That is, it is very important to comply with the octane number tolerances of gasoline fuel, which are prescribed by the manufacturer: if they are observed, there will be no damage to the connecting rod and piston group of the engine and the power indicators will correspond to the passport ones

Keywords: LOW-OCTANE FUEL, IGNITION, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, DETONATION, CONNECTING ROD-PISTON GROUP DESTRUCTION

Современное автомобилестроение характеризуется активным внедрением инновационных решений в конструкцию двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Наиболее значимыми технологическими особенностями последних поколений бензиновых ДВС являются:

- система непосредственного впрыска топлива, обеспечивающая оптимизацию процесса смесеобразования;
- применение систем наддува воздуха, что позволяет увеличить удельную мощность двигателя и при этом снизить рабочий объем при сохранении мощностных характеристик;
- высокая степень сжатия (до 12:1 и более).

В отличие от современных конструкций, атмосферные двигатели предыдущих поколений отличались более простой конструкцией, использованием карбюраторных систем (или систем распределенного впрыска), отсутствием необходимости в специальных топливных присадках и менее строгими требованиями к октановому числу топлива.

Статистические данные свидетельствуют о значительном росте доли турбированных бензиновых ДВС в общем объеме производства – с единичных случаев до 85% в современных моделях. Такая технологическая эволюция обусловлена ужесточением и экологических требований и необходимостью снижения топливопотребления.

Важным следствием указанных конструктивных изменений стало повышение требований к качеству топлива. Поэтому на лючках бензобака авто большинства европейских производителей можно наблюдать надпись «Мин. АИ-95». Такое требование вызвано высокой степенью сжатия топлива в современных ДВС. При высокой степени сжатия топливо будет сгорать эффективнее и качественнее и, соответственно, на коленвале ДВС будет больше выходной мощности. Известно, что высокая степень сжатия топлива требует его качества с высокооктановым числом для того, чтобы предотвратить возникновение непредвиденных детонаций, приводящих к

разрушению и уменьшению ресурса всего ДВС. Поэтому в последние десятилетия кардинально в нашей стране произошли изменения в производстве бензинового топлива. Так в 2014 году на территории Российской Федерации официально был прекращен выпуск бензина с маркой АИ-80 и на рынке остались в продаже только марки АИ-92, АИ-95 и АИ-98. Страна стала переходила на новые классы экологической безопасности и возникла необходимость в выпуске топлив, способных предотвратить возникновение детонаций и обеспечить соответствие бензинового двигателя современным экологическим нормативам.

Большинство современных ДВС для легковых автомобилей, появившиеся в России после 2014 года, были изначально спроектированы под высокооктановое топливо АИ-98, которое соответствует Евро-5 и Евро-6. Но, так как многие нефтеперерабатывающие предприятия не смогли обеспечить своевременный переход на производство бензинов класса К-5 (с пониженным содержанием серы и ароматических углеводородов, соответствующих экологическому стандарту Евро-5), то автопроизводители стали применять электронные блоки управления (ЭБУ) с функцией коррекции угла опережения зажигания по сигналам датчиков детонации, что сделало возможным использование топлива с октановым числом ниже рекомендованного (АИ-92).

Главное отличие АИ-92 от АИ-95, а АИ-95 от АИ-98 – это более низкая детонационная стойкость [4], при этом по своим теплотворным характеристикам или по экологическому классу – они одинаковы.

Октановое число достигается с помощью химических присадок в общую топливную основу. Эти добавки обеспечивают заданную детонационную стойкость, которая необходима, чтобы препятствовать преждевременному подрыву смеси во время цикла сжатия [3]. При недостаточной детонационной стойкости топлива возникает преждевременное самовоспламенение топливовоздушной смеси в камере

сгорания, происходящее до достижения поршнем верхней мертвой точки (ВМТ).

Современные китайские автомобили, в настоящее время в обилии представленные на российском рынке, оснащены малолитражными турбированными двигателями с высокой степенью сжатия, но при этом производители рекомендуют использование бензина с октановым числом не ниже АИ-92. Однако возникает вопрос: каким образом в таких высокотехнологичных силовых агрегатах предотвращается детонация, учитывая повышенные требования к детонационной стойкости топлива?

Ключевым фактором является способность высокооктанового бензина противостоять сжатию в цилиндрах. Октановые присадки, входящие в состав топлива, повышают его устойчивость к самовоспламенению под давлением, тем самым предотвращая преждевременную детонацию. Именно уровень детонационной стойкости определяет разницу между бензинами АИ-92, АИ-95 и АИ-98: чем выше октановое число, тем эффективнее топливо сопротивляется сжатию и минимизирует риск аномального горения. При низком октановом числе топлива смесь в камерах сгорания не будет выдерживать давления поршня в середине цикла сжатия, и будут происходить опасные для двигателя процессы воспламенения, которые происходят в момент, когда поршень еще не достиг ВМТ, наглядные последствия которых продемонстрированы на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид разрушенного в результате преждевременного воспламенения топливовоздушной смеси поршня двигателя и клапана

К примеру, при использовании АИ-95 в современных ДВС при высоких нагрузках гарантированно возникают непреднамеренные вспышки в середине такта сжатия. Чтобы предотвратить их, датчик детонаций подает сигнал в ЭБУ, и тот запускает программу, которая корректирует угол опережения зажигания и, тем самым, снижает выходную мощность двигателя. Детонации пропадают, но вместе с ними ухудшаются и мощностные характеристики. Если же заливать в двигатель еще и низкооктановый бензин АИ-92, что рекомендуется в инструкции по эксплуатации современными китайскими автопроизводителями, то ЭБУ вынуждена работать в режиме постоянной коррекции параметров работы двигателя. А это приводит к необходимости постоянного изменения угла опережения зажигания, снижению эффективности управления топливным впрыском и постепенной деградации алгоритмов адаптации [5]. Все это приводит к ускоренной деградации элементов цилиндропоршневой группы

и кривошипно-шатунного механизма, снижая тем самым заложенный производителем ресурс ДВС.

Почему же некоторые производители все же допускают применение низкооктанового бензинового топлива, тем самым допуская эксплуатацию ДВС с имеющей быть место детонацией? Просто это маркетинговый ход и автопроизводитель разрешает использовать такой низкооктановый бензин не на постоянной основе, а в случае отсутствия на автозаправке высокооктанового бензина: использовать постоянно низкооктановое топливо нельзя, но на кратковременных поездках его можно применять, так как ЭБУ переведет ДВС в режим меньшей выдаваемой мощности. Однако, раскручивать современный двигатель до максимальных оборотов при использовании низкооктанового бензина нельзя из-за риска развития детонаций, при которых поршни теряют стабильность, бьются юбками о стенки цилиндров и наносят повреждения их хону [1]. Возникают так называемые задиры (царапины и сколы), которые приводят к снижению компрессии, увеличению расхода масла и еще большему снижению мощности ДВС. Детонации под высокими нагрузками могут привести к резкому росту температуры в камере сгорания, оплавлению поршня и залеганию поршневых колец. Разрешительная маркетинговая политика в отношении АИ-92, изначально рассчитанная на ограниченные случаи, спровоцировала массовое злоупотребление потребителями использованием низкооктанового топлива.

Проведя анализ эксплуатационных характеристик современных двигателей с турбонаддувом и (или) повышенной степенью сжатия (10:1 и выше) и тем самым подытожив вышесказанное, следует сделать следующие выводы:

1. Техническими последствиями применения низкооктанового топлива (АИ-92) являются:

— детонационное сгорание топливовоздушной смеси;

- локальные перегревы элементов камеры сгорания (до 950°C);
- ускоренный износ цилиндропоршневой группы (увеличение зазоров на 0,05-0,1 мм на 10 000 км пробега) [2];
- деградация каталитического нейтрализатора (снижение эффективности на 40-60%) [3].

2. Экономическими аспектами использования бензина АИ-92 являются:

- разница в стоимости топлива (~15 руб/л между АИ-92 и АИ-98);
- сопоставимые с экономией затраты на ремонт ДВС: капитальный ремонт двигателя – 120-250 тыс. руб.; восстановление топливной системы – 35-80 тыс. руб.

3. Ресурсные показатели при использовании бензинов с разными октановыми числами следующие:

- при использовании АИ-92: средний ресурс до капремонта 80-120 тыс. км, а вероятность серьезных повреждений шатунно-поршневой группы – довольно высокая 78-92% [3];
- при использовании АИ-95, АИ-98: прогнозируемый ресурс ДВС – 250-350 тыс. км, при этом обеспечивается сохранение рабочих параметров в пределах допусков.

Заключение:

1. Маркировка АИ-92 на современных ДВС представляет собой маркетинговый компромисс, не учитывающий реальные эксплуатационные условия.

2. Экономия на топливе приводит к многократно большим затратам на ремонт.

3. Сохранение заложенного автопроизводителем ресурса ДВС возможно только при использовании топлива с октановым числом, соответствующим фактическим параметрам сжатия (не менее АИ-95 для атмосферных и АИ-98 для турбированных модификаций).

Список литературы (References)

1. 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.
2. Захаров, М. О. Влияние состава топлива на возникновение детонации и стука в двигателе внутреннего сгорания / М. О. Захаров, А. И. Скушникова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – Т. 1. – С. 159-163.
3. Исследование накопления топлива в масле бензинового двигателя с непосредственным впрыском топлива / В. М. Краснов, А. С. Теренченко, Д. С. Тимофеев [и др.] // Известия МГТУ МАМИ. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 283-289. – DOI 10.17816/2074-0530-108497.
4. Коперчак, О. П. Методы улучшения качества топлив и его влияние на эксплуатационные характеристики при эксплуатации ДВС / О. П. Коперчак, Н. А. Халилов // Вестник науки. – 2021. – Т. 4, № 10(43). – С. 163-169.
5. Руднев, С. Г. Особенности эксплуатации бензинового двигателя с непосредственным впрыском топлива / С. Г. Руднев, Я. А. Корж // Стратегии и векторы развития АПК : Сборник статей по материалам национальной конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 15 ноября 2021 года / Отв. за выпуск А.А. Титученко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 211-215.

References

1. 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.
2. Zakharov, M. O. Vliyaniye sostava topliva na vzniknoveniye detonatsii i stuka v dvigatele vnutrennego sgoraniya / M. O. Zakharov, A. I. Skushnikova // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona. – 2019. – T. 1. – P. 159-163.
3. Issledovaniye nakopleniya topliva v masle benzinovogo dvigatelya s neposredstvennym vpryskom topliva / V. M. Krasnov, A. S. Terenchenko, D. S. Timofeyev [i dr.] // Izvestiya MGTU MAMI. – 2022. – T. 16, № 4. – P. 283-289. – DOI 10.17816/2074-0530-108497.
4. Koperchak, O. P. Metody uluchsheniya kachestva topliv i yego vliyaniye na ekspluatatsionnyye kharakteristiki pri ekspluatatsii DVS / O. P. Koperchak, N. A. Khalilov // Vestnik nauki. – 2021. – T. 4, № 10(43). – P. 163-169.
5. Rudnev, S. G. Osobennosti ekspluatatsii benzinovogo dvigatelya s neposredstvennym vpryskom topliva / S. G. Rudnev, YA. A. Korzh // Strategii i vektory razvitiya APK : Sbornik statey po materialam natsional'noy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu Kubanskogo GAU, Krasnodar, 15 noyabrya 2021 goda / Otv. za vypusk A.A. Tituchenko. – Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – P. 211-215.