

УДК 629.113.8

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

АСПЕКТЫ ТЕПЛОАГРУЖЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ V-ОБРАЗНОЙ КОМПОНОВКИ

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*

Суханов 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*

Проанализированы недостатки систем охлаждения современных бензиновых двигателей, имеющих V-образное расположение цилиндров. Такие двигатели внутреннего сгорания имеют высокую рабочую температуру, что требует исправно-работающей системы охлаждения для равномерной подачи охлаждающей жидкости ко всем цилиндрам. Однако, часто наблюдается быстрый износ элементов блока цилиндров и появление задиры в тех цилиндрах, которые расположены наиболее далеко от радиатора системы охлаждения. Такое явление связано с плохо работающей системой охлаждения. Авторами предлагается методика определения ухудшения работы системы охлаждения, позволяющая предотвратить ранний выход из строя кривошипно-шатунного механизма, появление задиры на поверхности цилиндров, предотвратив тем самым заклинивание поршней в цилиндрах и обеспечить должную работу двигателя

Ключевые слова: СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ, РАДИАТОР, ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПЕРЕГРЕВ, ПОРШЕНЬ, ЗАДИРЫ ЦИЛИНДРА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-006>

<http://ej.kubagro.ru/2025/03/pdf/06.pdf>

UDC 629.113.8

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

THE HEAT LOADING ASPECTS OF MODERN V-TYPE GASOLINE ENGINES

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*

Sukhanov 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*

The article analyzes the shortcomings of cooling systems of modern gasoline engines with a V-shaped arrangement of cylinders. Such internal combustion engines have a high operating temperature, which requires a properly functioning cooling system for uniform supply of coolant to all cylinders. However, rapid wear of the cylinder block elements and the appearance of scoring in those cylinders that are located farthest from the radiator of the cooling system are often observed. This phenomenon is associated with a poorly functioning cooling system. The authors propose a method for determining the deterioration of the cooling system, which allows preventing early failure of the crank mechanism, the appearance of scoring on the surface of the cylinders, thereby preventing piston seizure in the cylinders and ensuring proper engine operation

Keywords: COOLING SYSTEM, RADIATOR, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, OVERHEATING, PISTON, CYLINDER SCORE

Современные бензиновые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) имеют высокую рабочую температуру охлаждающей жидкости, что делает их достаточно теплонагруженными и требовательными к безаварийной работе системы охлаждения. Повышенная рабочая температура обусловлена желанием конструкторов улучшить топливную экономичность и тем самым уменьшить выброс вредных веществ, что также повышает экологический класс двигателя. Известно [1], что топливо сгорая в цилиндрах двигателя, преобразует химическую энергию топлива в кинетическую энергию кривошипно-шатунного механизма (КШМ), поэтому еще на этапе проектирования максимально стараются уменьшить тепловые потери энергии сгораемого топлива, повышая тем самым значения кинетической энергии КШМ и, соответственно, общий КПД двигателя. Одной из таких потерь энергии является теплопередача в стенки цилиндра на третьем такте расширения. Большая часть энергии сгораемого топлива уходит вместе с охлаждающей жидкостью и через радиатор охлаждения поступает во внешнюю среду. В последних поколениях бензиновых двигателях автомобилей конструкторы повысили рабочую температуру с 88...95 °С до 97...110 °С, что в итоге повысило и общий КПД двигателя. Однако с таким повышением рабочей температуры двигателя повысились требования и к системе охлаждения, при несоблюдении которых двигатель перегревается и начинает быстро расходовать свой заложенный ресурс.

Особенно подвержены перегревам теплонагруженные современные бензиновые двигатели V-образной модификации с шестью цилиндрами различных производителей. Сама структура расположения цилиндров, плотная компоновка способствуют не стабильному температурному режиму по цилиндрам. Одним из таких примеров, который мы рассмотрим подробнее, является двигатель автоконцерна «Тойота» серии 3.5 2GR-FE, внешний вид которого представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Двигатель автоконцерна «Тойота» серии 3.5 2GR-FE V6

Данный двигатель получил широкое распространение и устанавливался на многие модели фирмы «Тойота»: от легковых седанов, до минивэнов и внедорожников. Данный мотор атмосферный, имеет качественные технические характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики двигателя серии 3.5 2GR-FE

Объем двигателя, см ³	3456
Максимальная мощность, л.с.	249...280
Максимальный крутящий момент, Н·м (кг·м) при об/мин	332 (34) / 4700 333 (34) / 4700 334 (34) / 4700 336 (34) / 4700 337 (34) / 4700
Рекомендуемое топливо	Бензин АИ-98
Средний расход топлива, л/100 км	9,9...14,7
Тип двигателя	V-образный, 6-цилиндровый
Оснащение	Многоточечный впрыск топлива, Dual VVT-i
Максимальная мощность, л.с. (кВт) при об/мин	249 (183) / 6200 266 (196) / 6200 268 (197) / 6200 269 (198) / 6200 270 (199) / 6200
Степень сжатия	10,8

Но при всех своих достоинствах этот мотор очень теплонагружен и требует качественного обслуживания системы охлаждения. По

многолетней статистике данные двигатели уже начинают требовать капитального ремонта на относительно небольших пробегах (80...140 тыс. км) по отношению к заложенному ресурсу (400...450 тыс. км). На пробегах 80...140 тыс. км появляется повышенный расход моторного масла, повышается шумность работы кривошипно-шатунного механизма двигателя и как следствие выход ее из строя и дальнейший капитальный ремонт [2].

Далее рассмотрим наглядно конкретный двигатель серии 3.5 2GR-FE снятый с автомобиля «Тойота Хайлендер» и привезенного на капитальный ремонт с пробегом 118 тыс. км. За время эксплуатации перегрева мотора не было зафиксировано, пробег автомобиля между трассой и городом распределялся в процентном соотношении как 60/40%, первые 5 лет обслуживался у дилера, затем в специализированном сервисе. В последнее время стал прогрессировать расход моторного масла и появился излишний шум работы двигателя при запуске.

После вскрытия мотора и проведения дефектовки был выявлен сильный износ КШМ и полное отсутствие хона на самых дальних цилиндрах двигателя, расположенных от помпы системы охлаждения, – 3-ем и 5-ом цилиндрах. Если в первом ряду V-образного ДВС на стенках чугунных гильз 2-го, 4-го и 6-го цилиндров присутствуют следы хона, то во втором ряду на стенках гильз 1,3 и 5ого практически его полное отсутствие (рисунок 2).

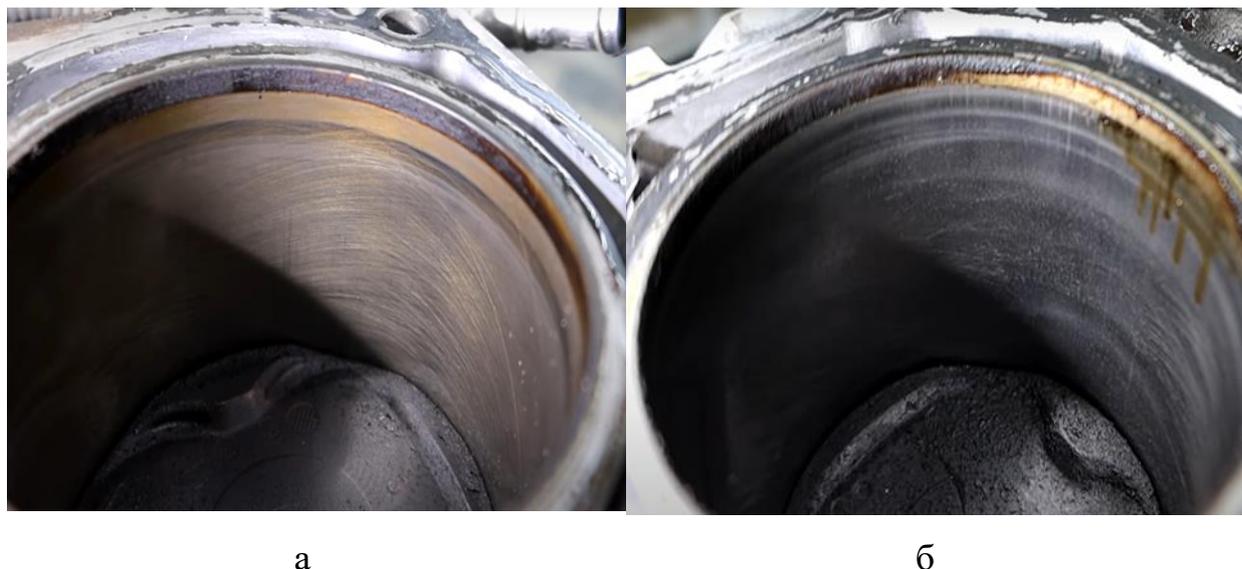


Рисунок 2 – Внешний вид стенок цилиндров первого (цилиндры № 2, 4, 6) (а) и второго (цилиндры № 1, 3, 5) рядов (б)

Такое состояние и сильная выработка второго ряда цилиндров ДВС вызвана тем, что эти цилиндры находятся на более далеком расстоянии от помпы и охлаждающая жидкость из радиаторов подается к ним в последнюю очередь, особенно к цилиндрам под номерами 3 и 5 согласно схеме нумерации цилиндров, представленной на рисунке 3.

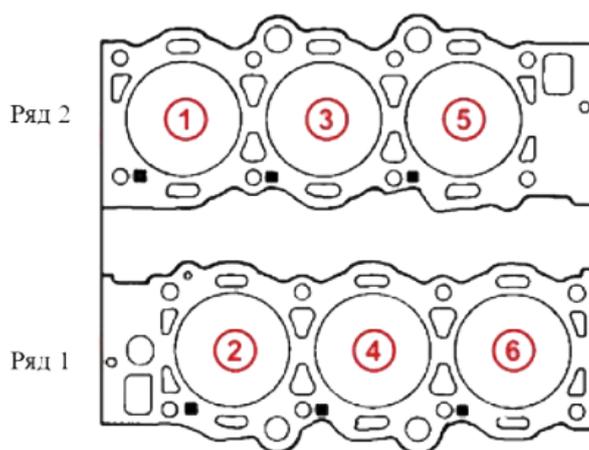


Рисунок 3 – Расположение двигателя и схема нумерации цилиндров 3.5 2GR-FE

Также стоит отметить, что второй ряд цилиндров расположен возле моторного щита и не обдувается встречным потоком воздуха при

движении автомобиля. Так как этот двигатель имеет рабочую высокую температуру в районе $98...105^{\circ}\text{C}$, то, соответственно, 3 и 5 цилиндры имеют более высокую рабочую температуру, чем задана производителем.

Стоит отметить, что помимо ускоренного истирания стенок данных цилиндров, боковая поверхность поршней этого ряда имеет сильную выработку: фрикционный слой на юбках поршней практически отсутствует, а на поверхности юбки 5-го цилиндра уже виднеется задир (см. рисунок 4).



Рисунок 4 – Изношенные поверхности юбок поршней второго ряда

В процессе ремонта данного двигателя выявилась также причина плохого охлаждения второго ряда цилиндров и быстрого выхода из строя КШМ: при снятии пакета радиаторов было выявлено их сильное загрязнение (см. рисунок 5).



Рисунок 5 – Пакет загрязненных радиаторов автомобиля «Тойота Хайлендер»

Отсюда следует следующее: радиатор охлаждения, имеющий сильное загрязнение не справляется с возложенной на него задачей и двигатель начинает работать сильно теплонегруженном режиме и, так как в настоящее время на большинство автомобилей устанавливается пакет радиаторов, состоящий из 2-3-х штук, то радиатор охлаждения, стоящий за конденсором системы кондиционирования и масляным радиатором автоматической коробки передач (при его наличии), получает еще более худший обдув при загрязнении сот.

Также многие автовладельцы, как и в нашем случае (см. рисунок 6), закрывают радиаторы самодельными приспособлениями для более быстрого прогрева двигателя и поддержания его температуры при отрицательных температурах в зимнее время, что категорически запрещено автопроизводителями, так как при исправно работающем термостате системы охлаждения рабочая температура поддерживается и так должным образом [3].



Рисунок 6 – Самодельная заслонка радиатора

Так как многие автолюбители затем забывают убирать такие приспособления при потеплении, то двигатель начинает работать с перегревом и сокращать свой заявленный ресурс. Для быстрого же прогрева двигателя в холодную погоду автопроизводители настоятельно рекомендуют использовать предпусковые подогреватели, которые быстро помогают вывести ДВС на рабочую температуру и сохранять ее длительно на заглушенном двигателе.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в настоящее время система охлаждения теплонагруженного мотора имеет очень важное значение и требует постоянного контроля и ухода: необходимо периодически снимать пакет радиаторов и делать промывку сот; не устанавливать самодельные защиты впереди пакета радиаторов, которые будут препятствовать обдуву как самого радиатора, так и моторного отсека, что очень важно при компактном расположении двигателя; постоянно следить за уровнем охлаждающей жидкости и производить своевременную ее замену согласно регламенту завода-изготовителя.

Стоит также отметить, что у многих современных автомобилей на приборных щитках отсутствует цифровая или аналоговая индикация значения температуры ДВС, заменив его на контрольные лампы, информирующие о холодном двигателе или его перегреве. Щитки

приборов, имеющие датчик температуры аналогового типа с стрелкой в 95% случаев стрелка в рабочем режиме, всегда стоит на отметке 90 °С, но фактическая температура может быть 85 °С или 110 °С и только при приближении к температуре перегрева стрелка начинает идти резко вверх к красной зоне [4].

В настоящее время корректный уход за системой охлаждения, поддержание ее в чистоте, контроль за ее состоянием, невмешательство в работу позволит сохранить необходимый тепловой режим и продлить ресурс теплонагруженного бензинового двигателя V-образной компоновки с различным числом цилиндров.

Список литературы

1. Драгуленко, В. В. Анализ современных технологий улучшения показателей экономичности и экологичности 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. 64-67.

2. Драгуленко, В. В. Детонационные явления в современных форсированных бензиновых двигателях внутреннего сгорания / В. В. Драгуленко, А. А. Бондаренко // Наука, образование, молодежь: горизонты развития : Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции, Керчь, 10 марта 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина, науч. редактор Т.Н. Попова. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 18-23.

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, КГАУ. – 2013. – 86 с.

References

1. Dragulenko, V. V. Analiz sovremennykh tekhnologiy uluchsheniya pokazateley ekonomichnosti i ekologichnosti 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. – S. 64-67.

2. Dragulenko, V. V. Detonatsionnyye yavleniya v sovremennykh forsirovannykh benzinovykh dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya / V. V. Dragulenko, A. A. Bondarenko // Nauka, obrazovaniye, molodezh': gorizonty razvitiya : Sbornik trudov po materialam Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kerch', 10 marta 2021 goda / Pod obshchey redaktsiyey Ye.P. Masyutkina, nauch. redaktor T.N. Popova. – Kerch': FGBOU VO «Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskyy universitet», 2021. – S. 18-23.

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. – S. 67-70.

4. Kurasov, V.S. Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya / V.S. Kurasov, V.V. Dragulenko, S.M. Sidorenko // Krasnodar, KGAU. – 2013. – 86 s.