

## Результаты исследования метода диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя

*В.В. Нечаев<sup>1</sup>, К.В. Головкин<sup>2</sup>, А.А. Тарасенко<sup>3</sup>, С.В. Носков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Военная академия материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Военный институт (инженерно-технический), Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Публичное акционерное общество «Гутаевский моторный завод», Гутаев

**Аннотация:** В статье представлены результаты экспериментального исследования метода и средства технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала.

**Ключевые слова:** цилиндропоршневая группа, давление газов в картере, проведение эксперимента.

В результате уменьшения компрессии происходит ухудшение мощностных и экономических показателей двигателя. Затрудняется пуск дизельных двигателей, особенно в холодное время, так как температура в конце такта сжатия оказывается недостаточной для самовоспламенения топлива. При компрессии ниже 1800 кПа произвести пуск дизельного двигателя штатной системой электростартерного пуска практически невозможно, с компрессией 2200-2300 кПа возможен пуск двигателя только в отапливаемом хранилище, а при значениях от 2300 кПа до 2500 кПа возможен пуск дизеля на открытой стоянке при температуре не ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  [1]. Для пуска двигателя задействуются ряд систем и механизмов таких как система электрооборудования, система питания, кривошипно-шатунный, газораспределительный механизм и др. Неисправность любой из этих систем и механизмов наряду с неисправностью (дефектом) деталей цилиндропоршневой группы влияют на надежность пуска двигателя при низкой температуре окружающей среды. На основании изложенного задача в кратчайшие сроки с наименьшими трудозатратами определить техническое состояние цилиндропоршневой группы двигателя становится актуальной,

---

дабы, в случае невозможности пуска двигателя при низкой температуре появляется вероятность исключить или обнаружить причину [2].

Снижение компрессии зависит от технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя, износ деталей которой приведет к неизбежному прорыву газов в подпоршневое, а в последующем и в картерное пространство. В результате исследований было установлено, что в результате прорыва газов давление в картере превышает атмосферное, у предельно изношенных двигателей это значение в среднем составляет  $3,6 \text{ кгс/см}^2$ , как результат моторное масло выжимается через неплотности соединений, стареет, загрязняется, ухудшаются физико-химические свойства, резко увеличивается износ деталей двигателя, что неизбежно отразится на технических характеристиках транспортного средства в целом [3]. Следовательно, разработке перспективных методов и средств технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателей необходимо уделять должное внимание.

В результате сделанного утверждения трудно переоценить значимость своевременного определения технического состояния деталей цилиндропоршневой группы двигателя.

Анализ существующих методов и технических средств диагностирования деталей кривошипно-шатунного механизма двигателя, в частности, цилиндропоршневой группы, указывает на их несовершенство. Все они имеют значительные недостатки, наиболее значимыми из которых являются обязательный пуск и прогрев двигателя до рабочей температуры, обязательный демонтаж приборов диагностируемого двигателя с последующей их установкой на штатное место, большая трудоемкость, сложность обработки получаемых результатов специалистами высокой квалификации, невозможность применения методов вдали от стационаров, к примеру в полевых условиях.

---

Этим вопросом занимаются в Федеральном государственном казенном военном образовательном учреждении высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» и на Тутаевском моторном заводе. Разработан и исследован метод диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала, на его основе создано средство технического диагностирования [4-5]. Результаты экспериментального исследования метода и средства технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала показали эффективность его использования при проведении работ по диагностированию.

Испытания проводились на лабораторной базе Тутаевского моторного завода с использованием 3 экземпляров двигателей модели 8492.10-033 (I, II и IV категории). В данной статье представлены результаты при диагностировании двух двигателей.

Задачей исследований была оценка информативности предложенного диагностического параметра - давление газа в картере неработающего двигателя при подаче сжатого воздуха в цилиндр в режиме стартерного пуска для определения технического состояния деталей цилиндропоршневой группы (поршень-поршневое кольцо-гильза) [6].

Исследования проводились при температуре окружающей среды: 0 и 20° С. Первоначально компрессия в цилиндрах диагностируемых двигателей проверялась стандартным способом, при помощи серийно выпускаемого диагностического прибора (компрессометра модели ДД-4220). По окончании проведения экспериментального исследования на каждом двигателе выполнялись разборочные работы и производились замеры деталей цилиндропоршневой группы (поршень, поршневое кольцо, гильза). Результаты исследования сведены в таблицу 1.

---

Технические условия проведения эксперимента:

1. Двигатель установлен на стенде, его комплектация соответствует требованиям технической документации завода изготовителя.
2. Уровень моторного масла и охлаждающей жидкости двигателя соответствует техническим требованиям завода изготовителя.
3. Температура окружающего воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$ , давление 760 мм рт. ст.
4. Детали газораспределительного механизма исправны, во впускном коллекторе двигателя установлен штуцер для подачи сжатого воздуха под давлением 400 кПа.
5. Давление в цилиндрах двигателя в ВМТ конца такта сжатия (определяемая компрессометром) находится в диапазоне от 3400 до 3600 кПа, разница показаний значений между соседними цилиндрами не более 200 кПа.

Порядок выполнения работ по проведению эксперимента.

1. Обеспечивают герметичность картерного пространства двигателя, для чего закрывают специальными пробками отверстие под масломерную линейку, демонтируют маслозаливную горловину, а на её место устанавливают заглушку с дросселирующим механизмом.
  2. К штатному сапуну подключают трубку от датчика давления картерных газов испытательного стенда, демонтируют крышку головки блока цилиндра в сборе с сапуном, на её место устанавливают серийную крышку головки блока, без сапуна.
  3. Отключают подачу топлива рычагом топливного насоса в цилиндры ДВС, тем самым исключают пуск двигателя.
  4. К штуцеру, установленному во впускном коллекторе двигателя подключают гофрированную трубку для подачи сжатого воздуха под
-

давлением 400 кПа (в качестве источника сжатого воздуха используют компрессор).

5. Открывают кран подачи сжатого воздуха, одновременно с открытием запорного крана прокручивают коленчатый вал диагностируемого двигателя без его пуска в течении 10 секунд.

6. Одновременно с окончанием прокручивания коленчатого вала закрывают кран подачи сжатого воздуха.

7. Фиксируют максимальные показания датчика давления картерных газов испытательного стенда.

8. При необходимости точного определения цилиндра с повышенным износом на маслозаливную горловину вместо крышки устанавливается специальный клапан. Во время диагностирования датчик стробоскопа, в качестве которого использовался прибор ПАС-2, последовательно соединяют со штуцерами или топливопроводами ТНВД проверяемых цилиндров и по шкале на корпусе клапана определяют вертикальный ход клапана, освещая стрелку и шкалу стробоскопом.

9. Выполняют 10 повторов п. 5-7, после чего в каждом цилиндре двигателя проводится микрометраж деталей цилиндропоршневой группы (поршни, поршневые компрессионные кольца, гильзы).

10. Сравнивают полученные при диагностировании показания с эталонными (полученные предварительно с помощью компрессометра), делают вывод о точности и информативности предлагаемого диагностического параметра для определения технического состояния деталей цилиндропоршневой группы.

11. Повторяется эксперимент с диагностируемым двигателем при температуре охлаждающей жидкости 0<sup>0</sup> С.

12. Сравнивают полученные показания давления газа в картере с показаниями, полученными при 20° С, делается вывод о влиянии температуры на величину давления газа в картере.

Таблица № 1

Результаты проведения эксперимента

№ пил инд ра	Показание компрессометра кПа	Максимальное показание датчика давления картерных газов Па	Среднее давление картерных газов Па	Температура °С	Номер опыта в серии	Данные микрометром жала летателей ЦПГ
Двигатель 8492.10 -033 (I кат)						
1	3600	4100	50	20	1	соответ. ТУ
2	3500		55		1	соответ. ТУ
3	3600		50		1	соответ. ТУ
4	3600		50		1	соответ. ТУ
5	3600		50		1	соответ. ТУ
6	3500		55		1	соответ. ТУ
7	3600		50		1	соответ. ТУ
8	3600		50		1	соответ. ТУ
1	3600	4020	50	20	2	соответ. ТУ
2	3500		55		2	соответ. ТУ
3	3600		50		2	соответ. ТУ
4	3600		50		2	соответ. ТУ
5	3600		50		2	соответ. ТУ
6	3500		55		2	соответ. ТУ
7	3600		50		2	соответ. ТУ
8	3600		45		2	соответ. ТУ
1	3600	4000	50	20	3	соответ. ТУ
2	3500		55		3	соответ. ТУ
3	3600		50		3	соответ. ТУ
4	3600		45		3	соответ. ТУ
5	3600		50		3	соответ. ТУ
6	3500		55		3	соответ. ТУ



№ пипиндра	Показание компрессометра кПа	Максимальное показание датчика давления камерных газов Па	Среднее давление камерных газов Па	Температура °С	Номер опыта в серии	Данные микрометра жала летателей ЦПГ
7	3600		50		3	соответ. ТУ
8	3600		45		3	соответ. ТУ
1	3600	4350	55	0	1	соответ. ТУ
2	3500		60		1	соответ. ТУ
3	3600		55		1	соответ. ТУ
4	3600		50		1	соответ. ТУ
5	3600		55		1	соответ. ТУ
6	3500		60		1	соответ. ТУ
7	3600		50		1	соответ. ТУ
8	3600		50		1	соответ. ТУ
1	3600	4500	55	0	2	соответ. ТУ
2	3500		60		2	соответ. ТУ
3	3600		55		2	соответ. ТУ
4	3600		55		2	соответ. ТУ
5	3600		55		2	соответ. ТУ
6	3500		60		2	соответ. ТУ
7	3600		55		2	соответ. ТУ
8	3600		55		2	соответ. ТУ
1	3600	4550	60	0	3	соответ. ТУ
2	3500		60		3	соответ. ТУ
3	3600		55		3	соответ. ТУ
4	3600		55		3	соответ. ТУ
5	3600		55		3	соответ. ТУ
6	3500		60		3	соответ. ТУ
7	3600		55		3	соответ. ТУ
8	3600		55		3	соответ. ТУ

Особенности диагностирования двигателя IV категории



- 1 Пункты 1-10 выполняются для двигателя IV категории.
- 2 Повторяется эксперимент с диагностируемым двигателем при температуре охлаждающей жидкости 0°C.
- 3 Сравниваются полученные показания давления газа в картере с показаниями, полученными при 20°C, делается вывод о влиянии температуры на величину давления газа в картере.
- 4 Давление в цилиндрах двигателя в ВМТ конца такта сжатия (определяемая компрессометром) находится в диапазоне 2200 - 2700 кПа.

№ цилиндра	Показание компрессометра кПа	Максимальное показание датчика давления картерных газов Па	Среднее давление картерных газов Па	Температура °С	Номер опыта в серии	Данные микрометража детали ЦПГ
Двигатель 8492.10 -033 (IV кат) Заводской номер 0026468						
1	2700	55900	465	20	1	соответ. ТУ
2	2200		975		1	несоот. ТУ
3	2300		900		1	несоот. ТУ
4	2600		515		1	соответ. ТУ
5	2700		435		1	соответ. ТУ
6	2300		915		1	несоот. ТУ
7	2700		465		1	соответ. ТУ
8	2300		920		1	несоот. ТУ
1	2700	56050	465	20	2	соответ. ТУ
2	2200		980		2	несоот. ТУ
3	2300		920		2	несоот. ТУ
4	2600		515		2	соответ. ТУ
5	2700		425		2	соответ. ТУ
6	2300		915		2	несоот. ТУ
7	2700		455		2	соответ. ТУ
8	2300		930		2	несоот. ТУ
1	2700	55900	465	20	3	соответ. ТУ
2	2200		975		3	несоот. ТУ
3	2300		900		3	несоот. ТУ



№ пип инд ра	Показание компресси метра кПа	Максимальное показание датчика давления каптерных газов Па	Среднее давление каптерных газов Па	Темп ература ра °С	Номен опыта в серии	Линные микрометраж а детали ЦПГ
4	2600		515		3	соответ. ТУ
5	2700		435		3	соответ. ТУ
6	2300		915		3	несоот. ТУ
7	2700		465		3	соответ. ТУ
8	2300		920		3	несоот. ТУ
1	2700	70050	520	0	1	соответ. ТУ
2	2200		1245		1	несоот. ТУ
3	2300		1200		1	несоот. ТУ
4	2600		645		1	соответ. ТУ
5	2700		510		1	соответ. ТУ
6	2300		1200		1	несоот. ТУ
7	2700		505		1	соответ. ТУ
8	2300		1180		1	несоот. ТУ
1	2700	70150	525	0	2	соответ. ТУ
2	2200		1245		2	несоот. ТУ
3	2300		1200		2	несоот. ТУ
4	2600		650		2	соответ. ТУ
5	2700		510		2	соответ. ТУ
6	2300		1200		2	несоот. ТУ
7	2700		505		2	соответ. ТУ
8	2300		1180		2	несоот. ТУ
1	2700	70250	525	0	3	соответ. ТУ
2	2200		1245		3	несоот. ТУ
3	2300		1200		3	несоот. ТУ
4	2600		650		3	соответ. ТУ
5	2700		515		3	соответ. ТУ
6	2300		1200		3	несоот. ТУ
7	2700		510		3	соответ. ТУ

---

№ пип индра	Показание компрессометра кПа	Максимальное показание датчика давления картерных газов Па	Среднее давление картерных газов Па	Температура °С	Номенклатура в серии	Линейные микрометры на детали ЦПГ
8	2300		1180		3	несоот. ТУ

В результате исследований было установлено, что метод и средство технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала возможно использовать для определения технического состояния цилиндропоршневой группы как новых, так и продолжительное время находившихся в эксплуатации двигателей автомобильной техники [7]. При исследовании четко прослеживается зависимость между состоянием цилиндропоршневой группы и количеством газов, оказавшихся в картерном пространстве. Делается вывод о том, что для двигателя, находящегося продолжительное время в эксплуатации и имеющего низкую компрессию в цилиндрах, количество газов, оказавшихся в картерном пространстве при выполнении работ по диагностированию при низких температурах значительно больше. Кроме того, прослеживается зависимость увеличения значения количества газов, прорвавшихся в картерное пространство от температуры, при которой проводились исследования [8]. Также можно сделать вывод о том, что немаловажное внимание при диагностировании необходимо уделять состоянию моторного масла диагностируемого двигателя [9].

К преимуществам разрабатываемого метода прежде всего необходимо отнести низкие трудозатраты [10]. Использование предлагаемого метода и средства технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала способствует рациональному планированию ремонтных работ, снижает затраты необходимые для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя.

В связи с тем, что использование метода и средства технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной,

холостой прокрутке коленчатого вала на предприятии не требует существенных материальных вложений для его использования руководством публичного акционерного общества «Гутаевский моторный завод», принято положительное решение о возможности использования метода в производственном процессе

### Литература

1. Понизовский А.Ю. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по разности расхода воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме. Дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2010. – 140с.

2. Недолужко А.И., Котесова А.А., Детлер М.Ф., Криворотов А.В., Парубец А.Ю. Особенности оценки эффективности деятельности передвижных авторемонтных мастерских при обслуживании автомобильной техники // Инженерный вестник Дона, 2015. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/4363](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/4363).

3. Афанасьев А.С. Методика повышения достоверности и полноты технического диагностирования дизелей // Проблемы управления рисками в техносфере. Научно-аналитический журнал. №1. 2014. с.56-59.

4. Пат. 181484 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/04 Устройство для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / Нечаев В.В., Головкин К.В., Буренев М.Л., Жуков Л.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» (RU). – №2017138876; заявл. 8.11.2017; опубл. 16.07.2018 Бюл. №20. – 2с.

5. Пат. 181076 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/04 Устройство для определения технического состояния цилиндропоршневой

---

группы двигателя внутреннего сгорания / Нечаев В.В., Воробьев Е.В., Капустин В.П., Головкин К.В., Нечаев В.В., Жуков Л.В., Бараш А.Л., Буренев М.Л., Толмачев И.Г.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва (RU). – №2018113346/03; заявл. 12.04.2018; опубл. 04.07.2018 Бюл. №19. – 2с.

6. Ларионов А.Н. Основы электрооборудования самолетов и автомашин М.: Госэнергоиздат. - 1955. – 384 с.

7. Нечаев В.В. Основные неисправности узлов, систем и механизмов военных гусеничных и колесных машин, устраняемые при проведении текущего, среднего и капитального ремонта. Учебное пособие для ВУЗов. Омский автоброн. инжен. ин-т. – Омск, 2014. – 115 с.

8. Robert Bosch GmbH. Bosch Diagnostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225, Karlsruhe, Published by: Bosch Group. Printing: July 2005. 54 p.

9. Детлер М.Ф., Криворотов А.В., Недолужко А.И., Парубец А.Ю. К вопросу применения нормативов планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта к современным автомобилям //Инженерный вестник Дона, 2017. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4131](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4131)

10. Kardon, B. Incorporating overall probability of system failure into a preventive maintenance model for a serial system B. Kardon, L.D. Fredendall // Journal of Quality in Maintenance Engineering. – 2002. – Volume 8, Number 4. – pp. 331-345.

## References

1. Ponizovskiy A.Yu. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindroporshnevoy gruppy avtotraktornykh dizeley po raznosti raskhoda vozdukhа na vpuske i vypuske v puskovom rezhime [Assessment of the technical condition of the cylinder-piston group of automotive diesel engines on the difference of air flow at the inlet and outlet in the starting mode]. Dis. kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2010. 140p.

2. Nedoluzhko A.I., Kotesova A.A., Detler M.F., Krivorotov A.V., Parubec A.YU. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/4363](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/4363).

3. Afanas'ev A.S. Nauchno-analiticheskij zhurnal. 2014. № 1. pp. 56-59

4. Pat. 181484 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01M 15/00, G01M 15/04 Ustroystvo dlya opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindroporshnevoy gruppy dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Device for determining the technical condition of the cylinder-piston group of the internal combustion engine] Nechaev V.V., Golovko K.V., Burenev M.L., Zhukov L.V.; заявитель i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe kazennoe voennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Voennaya akademiya material'no-tekhnicheskogo obespecheniya imeni generala armii A.V. Khruleva» (RU). №2017138876; заявл. 8.11.2017; opubl. 16.07.2018 Byul. №20. 2p.

5. Pat. 181076 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01M 15/00, G01M 15/04 Ustroystvo dlya opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindroporshnevoy gruppy dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Device for determining the technical condition of the cylinder-piston group of the internal combustion engine] Nechaev V.V., Vorob'ev E.V., Kapustin V.P., Golovko K.V., Nechaev V.V., Zhukov L.V., Barash A.L., Burenev M.L., Tolmachev I.G.; заявитель i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe kazennoe voennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Voennaya akademiya material'no-tekhnicheskogo

---



obespecheniya imeni generala armii A.V. Khruleva» (RU). №2018113346/03; zayavl. 12.04.2018; opubl. 04.07.2018 Byul. №19. 2p.

6. Larionov A.N. Osnovy ehlektrooborudovaniya samoletov i avtomashin [Fundamentals of electrical equipment for aircraft and vehicles]. M.: Gosehnergoizdat. 1955. 384 p.

7. Nechaev V.V. Osnovnye neispravnosti uzlov, sistem i mekhanizmov voennykh gusenichnykh i kolesnykh mashin, ustranyaemye pri provedenii tekushchego, srednego i kapital'nogo remonta [Basic malfunctions of units, systems and mechanisms of military caterpillar and wheeled vehicles, eliminated during current, medium and major repairs]. Uchebnoe posobie dlya VUZov. Omsk, 2014. 115 p.

8. Robert Bosch GmbH. Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225, Karlsruhe, Published by: Bosch Group. Printing: July 2005. 54 p.

9. Detler M.F., Krivorotov A.V., Nedoluzhko A.I., Parubec A.YU. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4131](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4131)

10. Kardon, B. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2002. Volume 8, Number 4. pp. 331-345.