

Анализатор Герметичности Цилиндров

Новый метод безразборной диагностики двигателей внутреннего сгорания прибор АГЦ-2 применяется при использовании технологии безразборного восстановления ДВС .

Прибор АГЦ-2 позволяет:

- дифференцированно и достоверно определять состояние ЦПГ любого двигателя внутреннего сгорания,
 - контролировать состояние цилиндров, поршней, поршневых колец, впускных и выпускных клапанов
 - определять техническое состояние колпачков, степень износа цилиндровых гильз, закоксовывания поршневых колец и неисправности клапанов газораспределения
- Достоверность результатов максимальна, благодаря огромному статистическому материалу, накопленному за несколько лет и проверке сотен ДВС

Область применения АГЦ-2:

- При предпродажной оценке ДВС;
- При возникновении рекламационных ситуаций;
- Направления, связанные с поиском неисправностей двигателей;
- При оценке качества ремонта и оценке технического состояния;
- Оценка объема плановых ТО;
- При покупке поддержанных автомобилей;
- Оценка эффективности применения технологии безразборного восстановления ДВС.



Прибор АГЦ (анализатор герметичности цилиндров) предназначен для обслуживания двигателей внутреннего сгорания (бензиновых или дизельных)

Изобретатели : Чечет В.А., Иванов Н.Т.

Прибор сертифицирован.

Прибор измеряет 2 параметра:

- P1 – величину полного вакуума в цилиндре;
- P2 – величину остаточного вакуума в цилиндре.

Принцип работы прибора АГЦ-2:

Все измерения проводятся без разборки двигателя через свечные или форсуночные отверстия во время «прокрутки» двигателя стартером или пусковым устройством

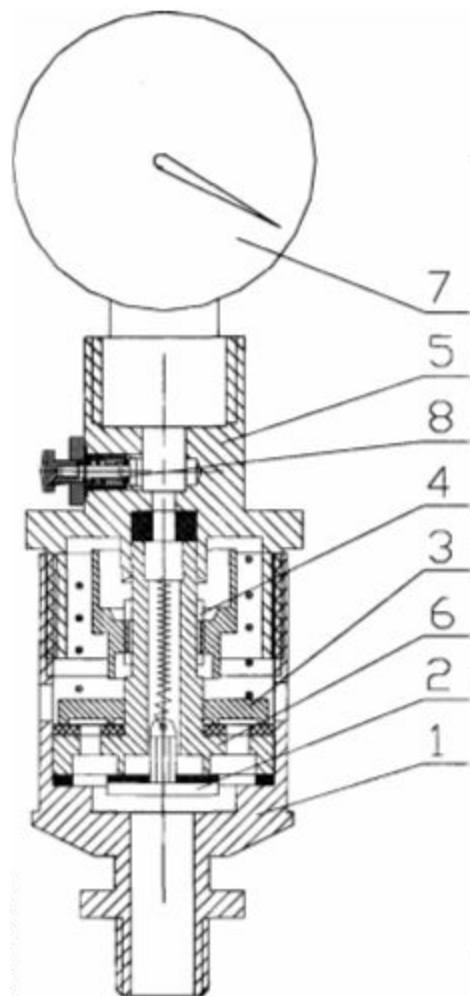


Рис.АГЦ-2

- 1-нижняя часть корпуса
- 2-вакуумный клапан
- 3-подвижный элемент
- 4-стопорная гайка
- 5-крышка корпуса
- 6-корпус клапана
- 7-вакуумметр
- 8-уравнительный клапан

Работа с прибором:

1. Определение величины полного вакуума в цилиндре (P1)

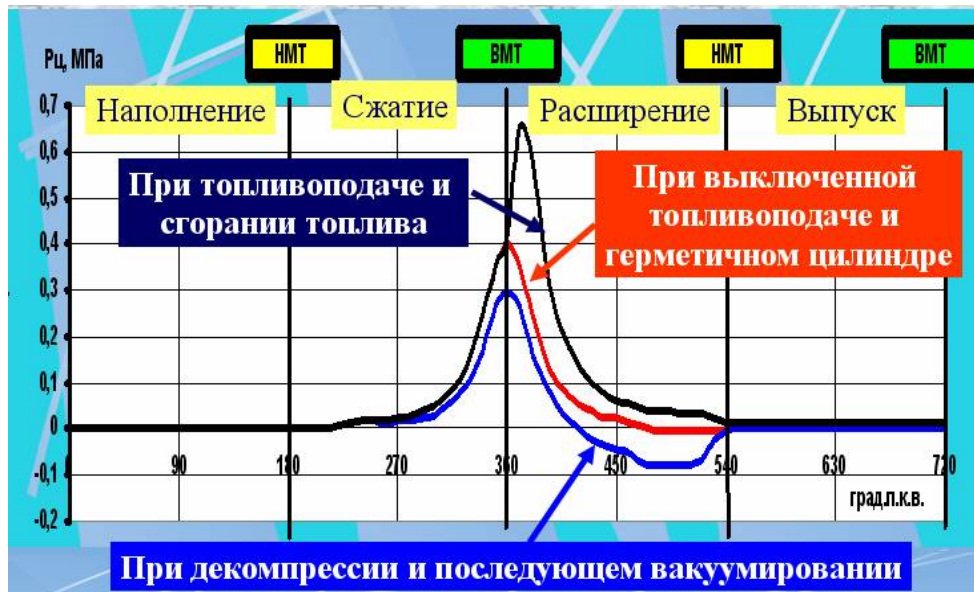


Рис.10. Развернутые индикаторные диаграммы рабочего процесса в цилиндре двигателя

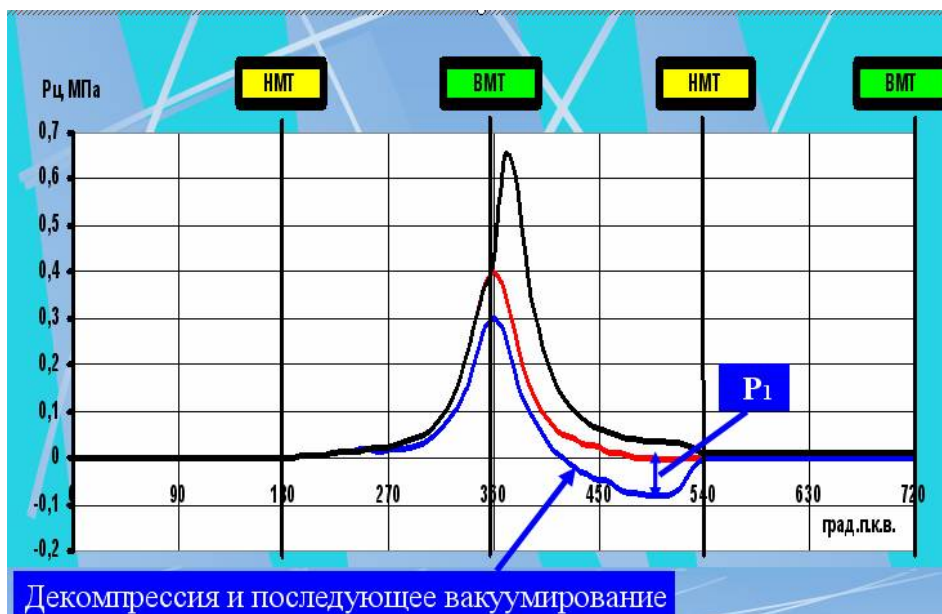


Рис.11. Определение полного вакуума P1

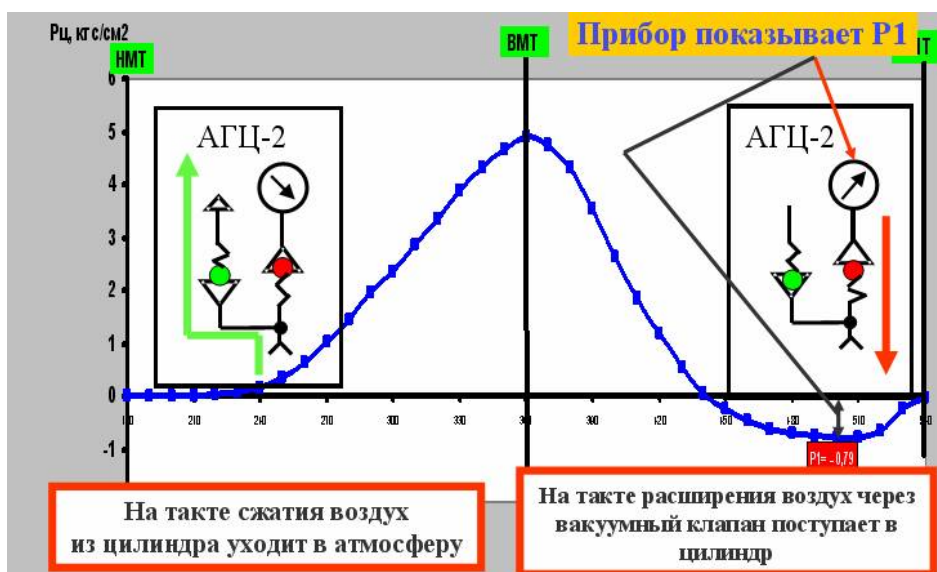


Рис.12. Принцип измерения полного вакуума P1

Полученное значение полного вакуума указывает на степень износа цилиндра и плотность в сопряжении клапан - седло.

Однако параметр P1 не дает возможности оценить состояние поршневых колец.

Наличие масляного «клина» способствует сохранению достаточно высокого вакуума в надпоршневом пространстве, что значительно снижает достоверность измерений. Степень изношенности поршневых колец оценивается вторым параметром - остаточным вакуумом (P2). Разряжение в конце такта расширения (остаточный вакуум), пропорционально утечке воздуха через кольца.

2.Определение величины остаточного вакуума в цилиндре (P2)

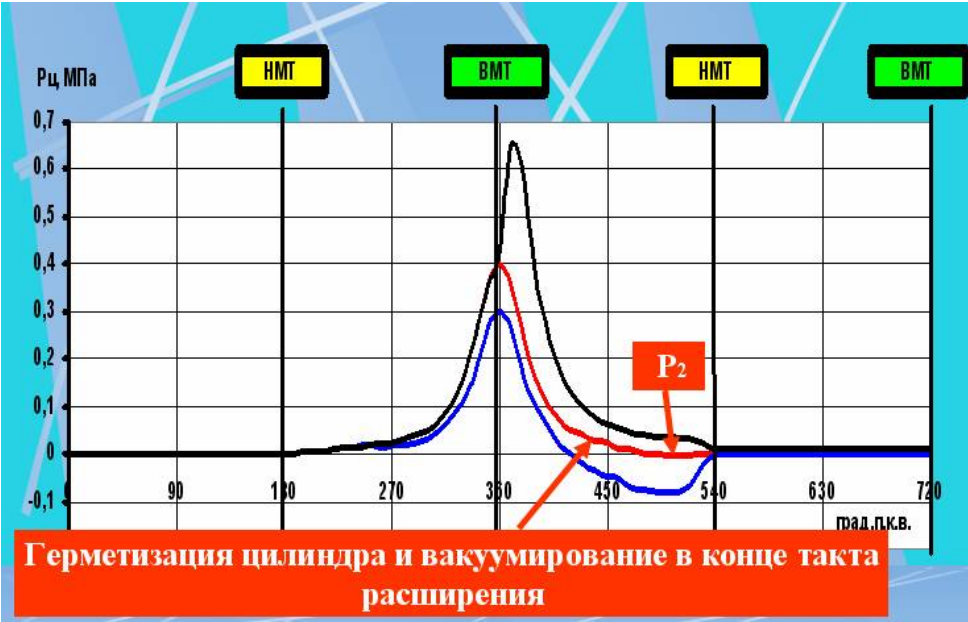


Рис 13.Измерение остаточного вакуума P2

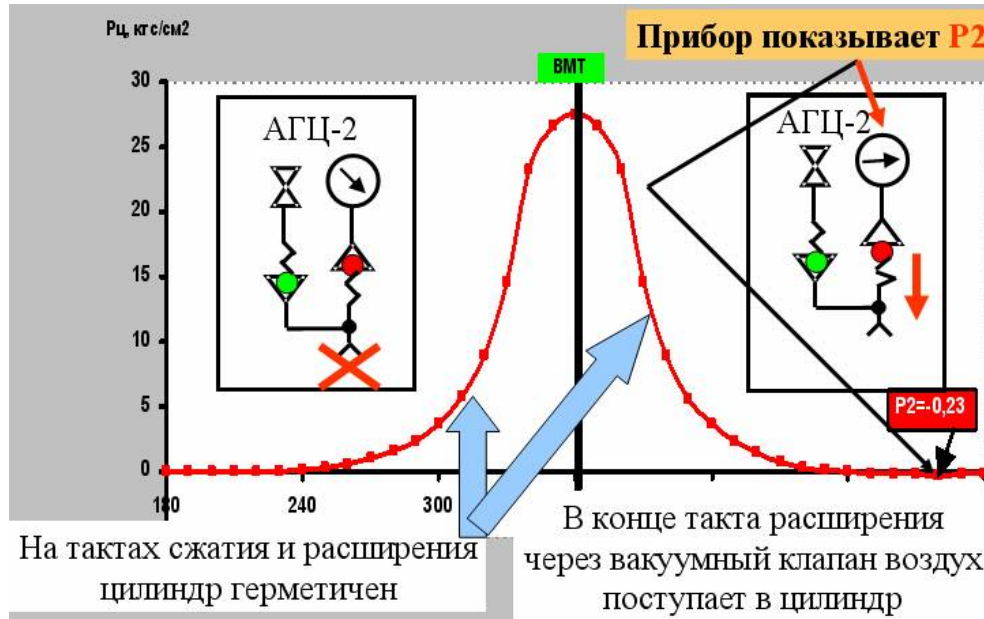


Рис 14.Принцип измерения остаточного вакуума P2

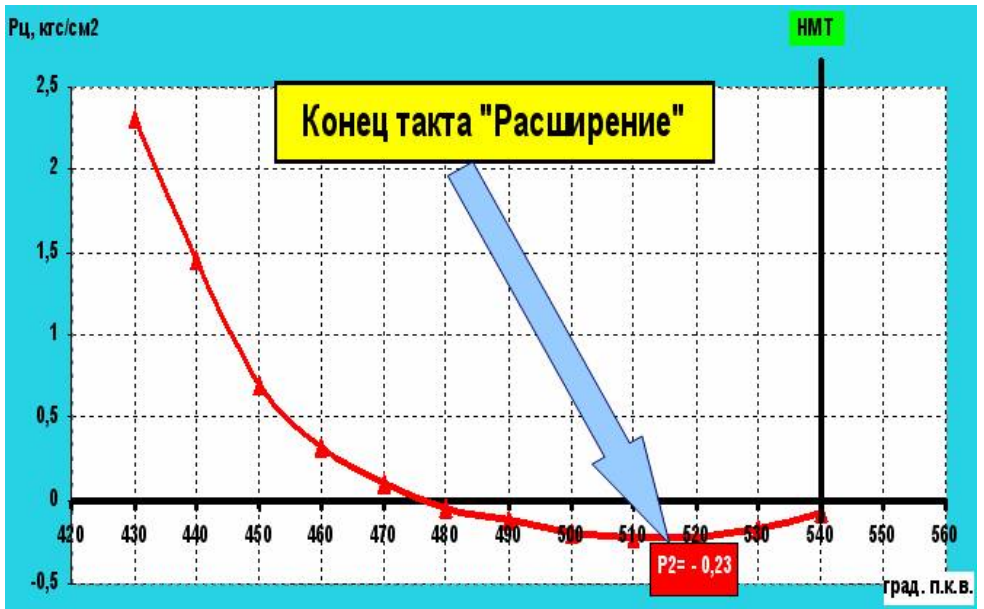


Рис 15.Индикаторная диаграмма, снятая слабой пружиной

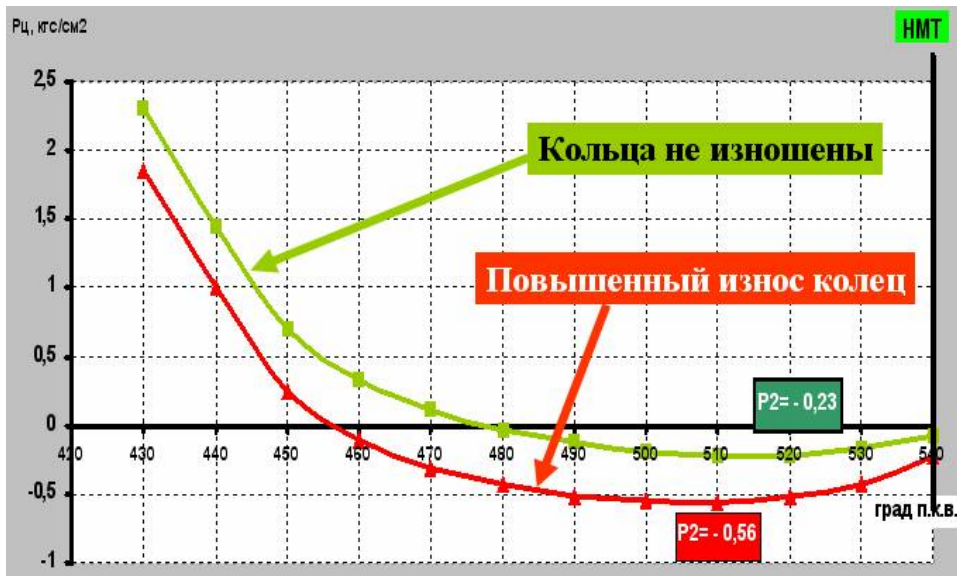
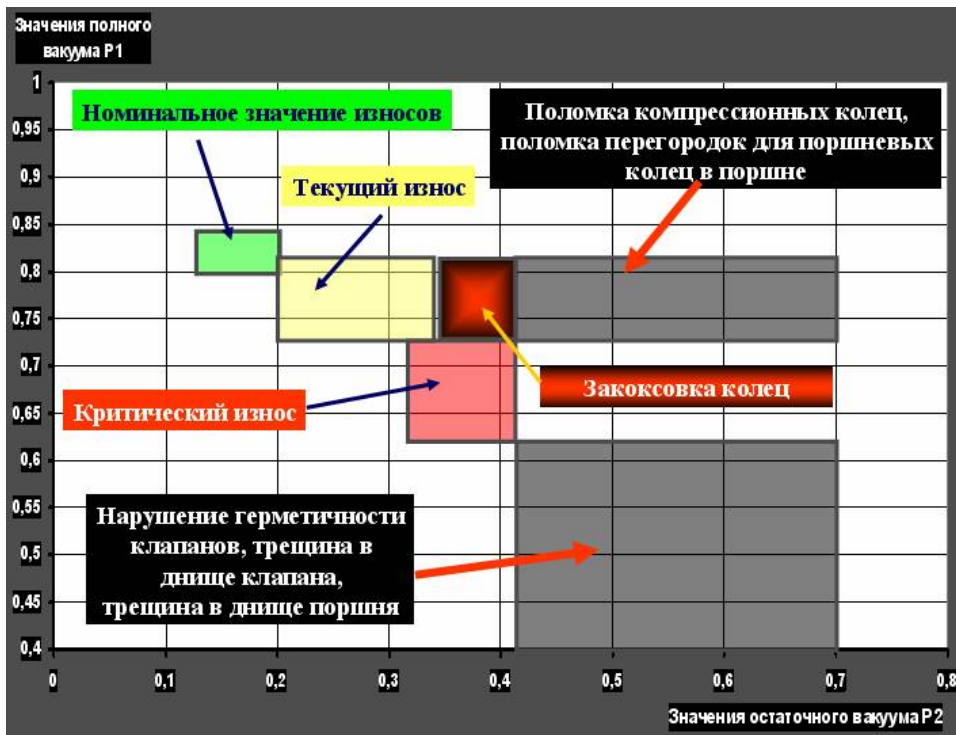


Рис 16.Разная степень износа поршневых колец



Диаграммы измерений P_1, P_2 для различных типов ДВС

Рис 17.Бензин 92-95

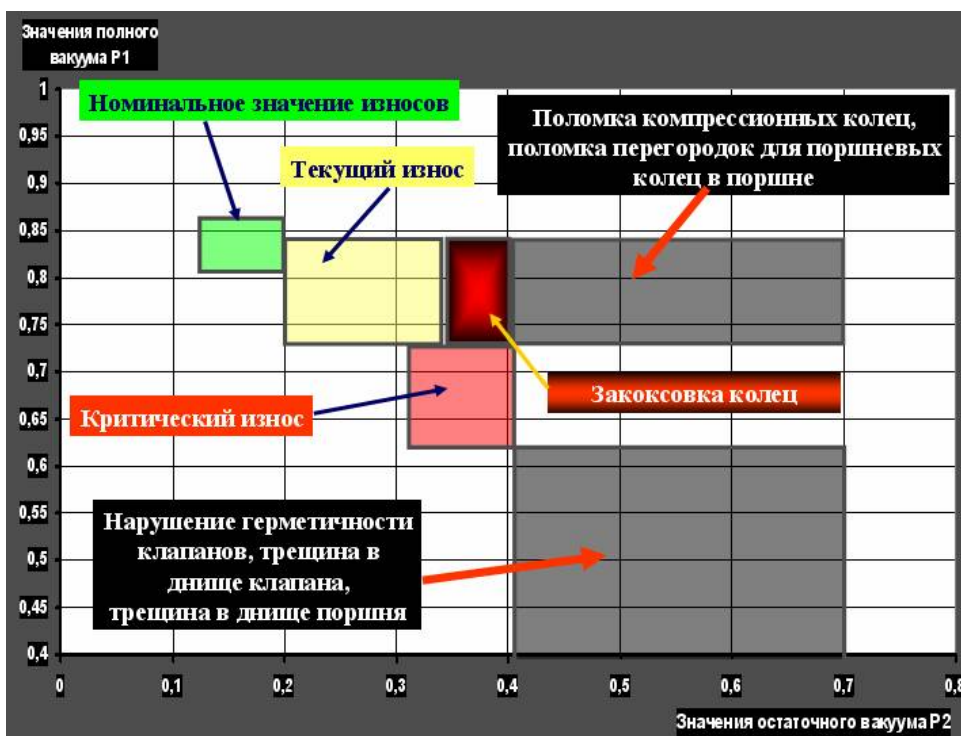


Рис 18.Бензин 76-80

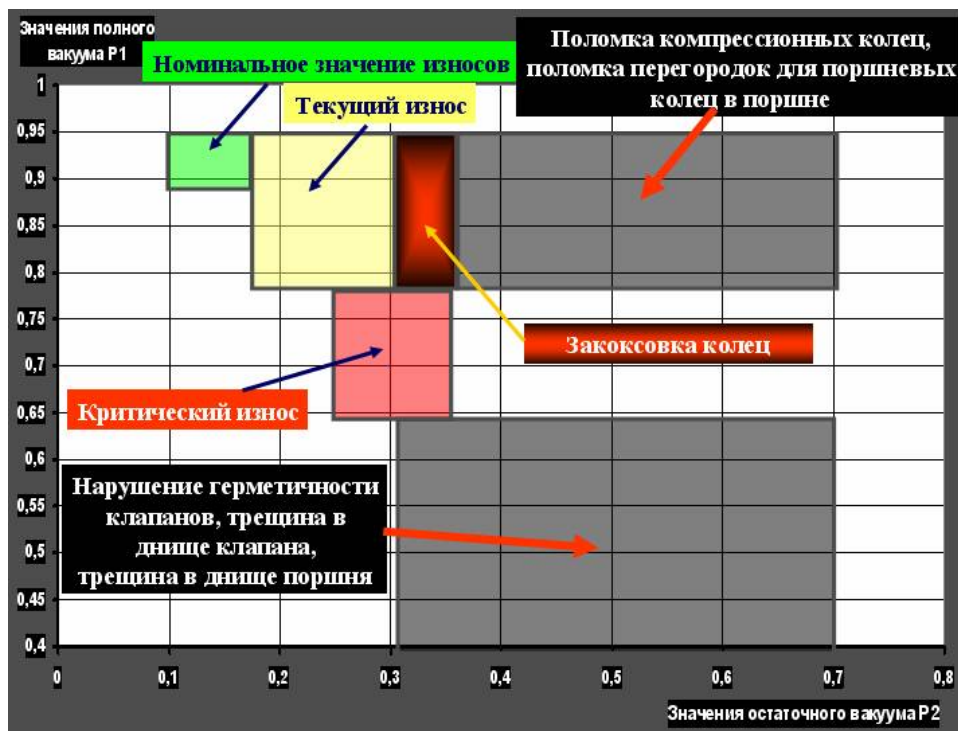


Рис 19.Дизель

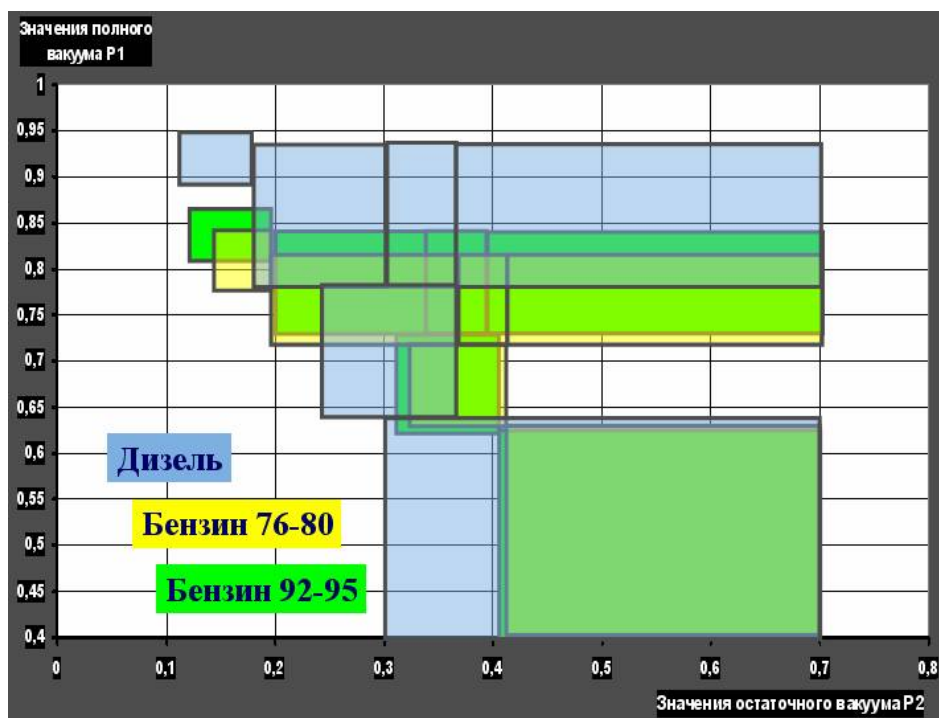
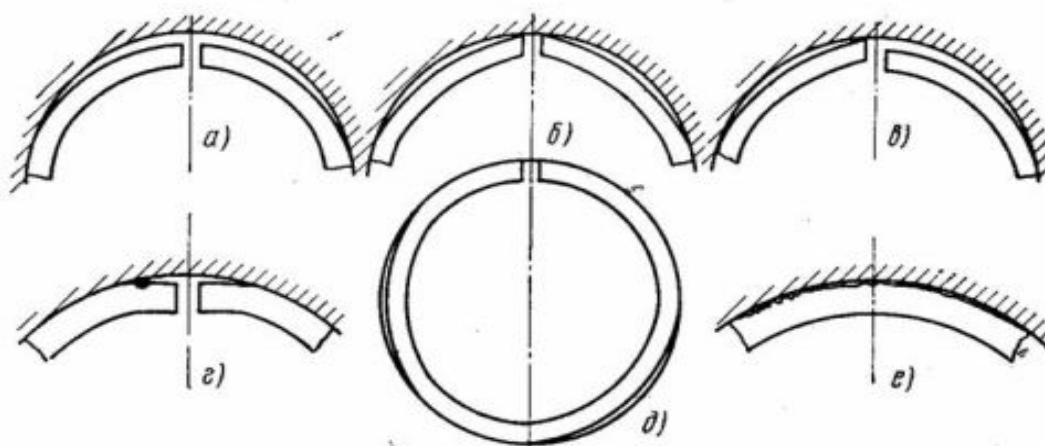


Рис 20.Разница

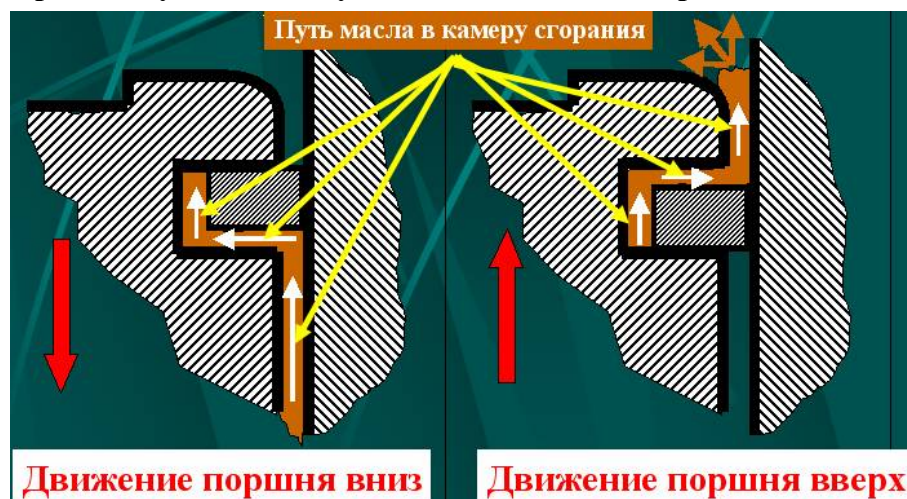
Наиболее распространенный характер потерь контакта между кольцом и цилиндром



- а) «провис» кольца при овальной гильзе;
- б) «подпор» при разных диаметрах кольца и цилиндра;
- в) кольцо и цилиндр имеют неправильную геометрию;
- г) «малый провис» при отсутствии хрома на концах кольца;
- д) «пропеллерность» кольца в канавках поршня;
- е) «клыки» в результате некачественного нанесения покрытия на кольцо.

Наиболее часто в быстроходных ДВС возникает вибрация компрессионных колец, вызываемая осевыми и радиальными колебаниями резонансного характера, приводящими к пропуску газов, повышению расхода смазки и даже поломке колец.

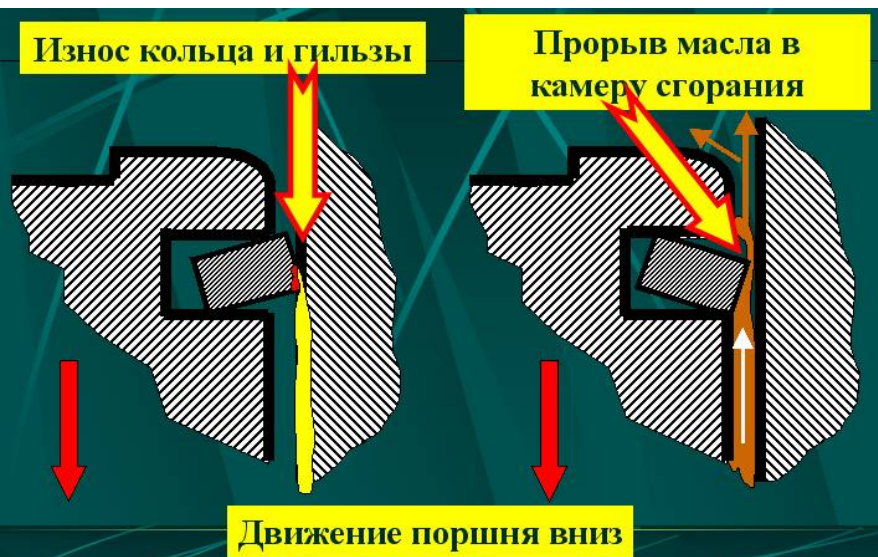
Причины увеличения утечки газов из цилиндра:



[Рис 21. Схема насосного действия компрессионного кольца.](#)



[Рис 22. Потеря компрессии при пригорании поршневого кольца](#)



[Рис 23. Действие пары «поршень-цилиндр» при различных видах перекоса поршневого кольца](#)

недопустимое повышение температуры поршневого узла;

- закоксовывание канавок поршня и пригорание колец;
- повышенный износ цилиндрических втулок и колец;
- потеря упругости поршневых колец;
- поломка поршневых колец;
- задиры поршней и цилиндрических втулок;
- старение масла и увеличение его расхода;
- ухудшение пусковых качеств двигателя

Клапаны газораспределения ДВС.

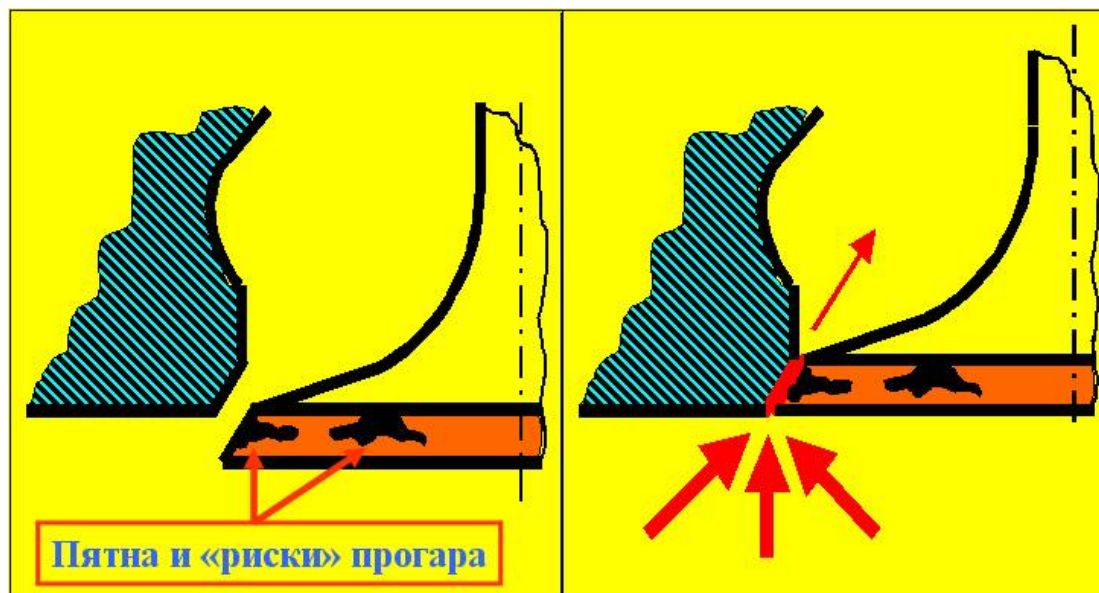
Из всех деталей цилиндропоршневой группы выпускные клапаны карбюраторных ДВС имеют наибольшую термическую напряженность $< 8000^{\circ}\text{C}$.

Основной дефект выпускных клапанов связан с прогоранием уплотняющих поверхностей седел и тарели

Схема отказа клапана :

На фаске тарели клапана во время остывания образуется липкий слой, способный удерживать попавшие на него из потока газов твердые частицы золы с высокой температурой плавления. Частицы осаждаются на фаске и выбивают микровмятины в металле.

Со временем при большом числе таких вмятин герметичность клапана нарушается и начинается прогорание в виде каналов на фаске седла и тарелки клапана



[Рис 24.Схема образования прогара клапана](#)

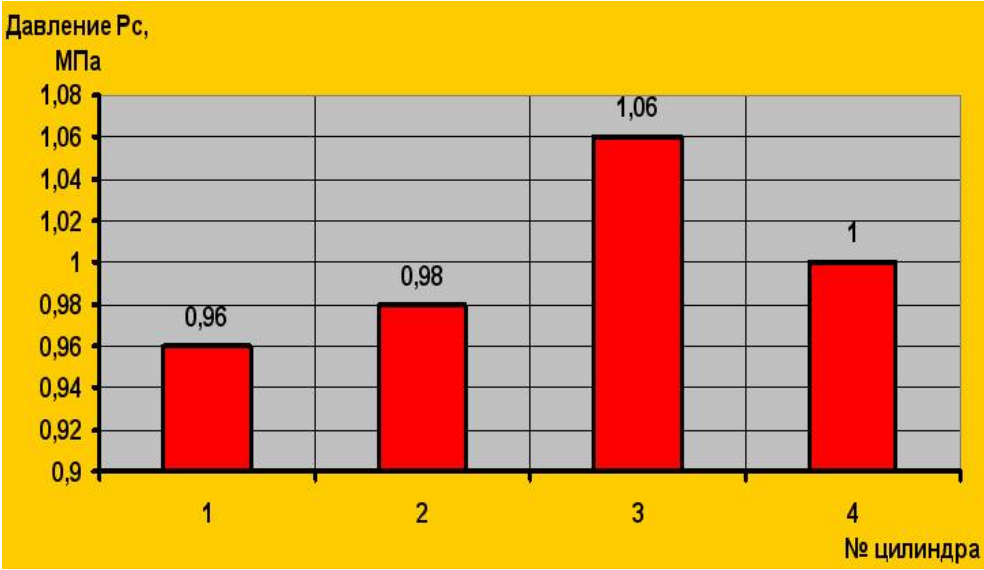
Необходимо помнить :

Для клапанов газораспределения наиболее опасными режимами являются:

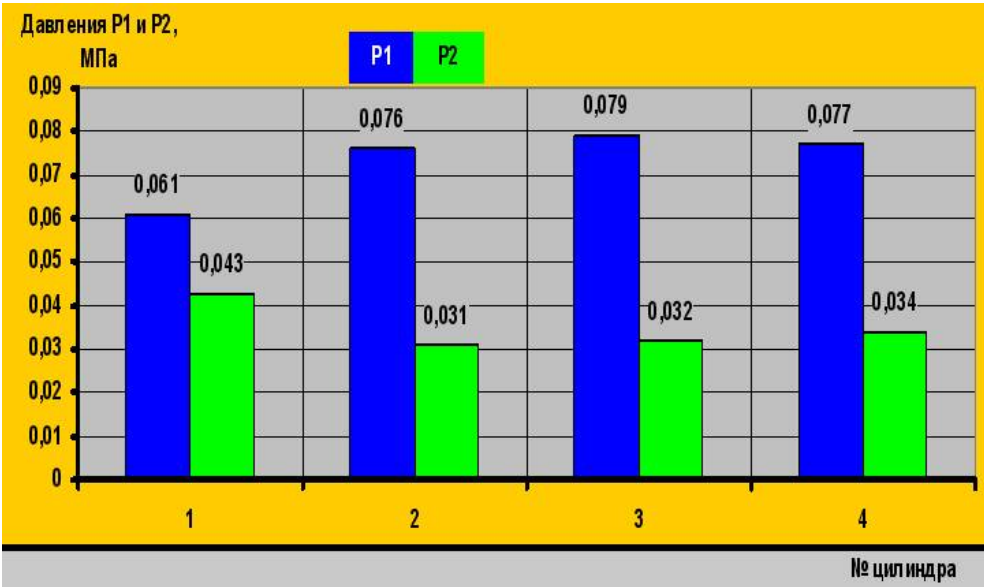
- Полная нагрузка двигателя
- Малая частота вращения коленчатого вала
- Максимальный крутящий момент
- Прогорание выпускного клапана начинается в зоне, наиболее удаленной от выпускного клапана, где температура тарели наивысшая
- Появление отложений на фаске клапана происходит лишь в случае нагрева клапана свыше температуры 5500°C
- На фаске тарели клапана появляется твердая стеклообразная пленка, ухудшающая условия теплоотвода и приводящая к выгоранию металла клапана

Пример диагностики автомобильного ДВС.

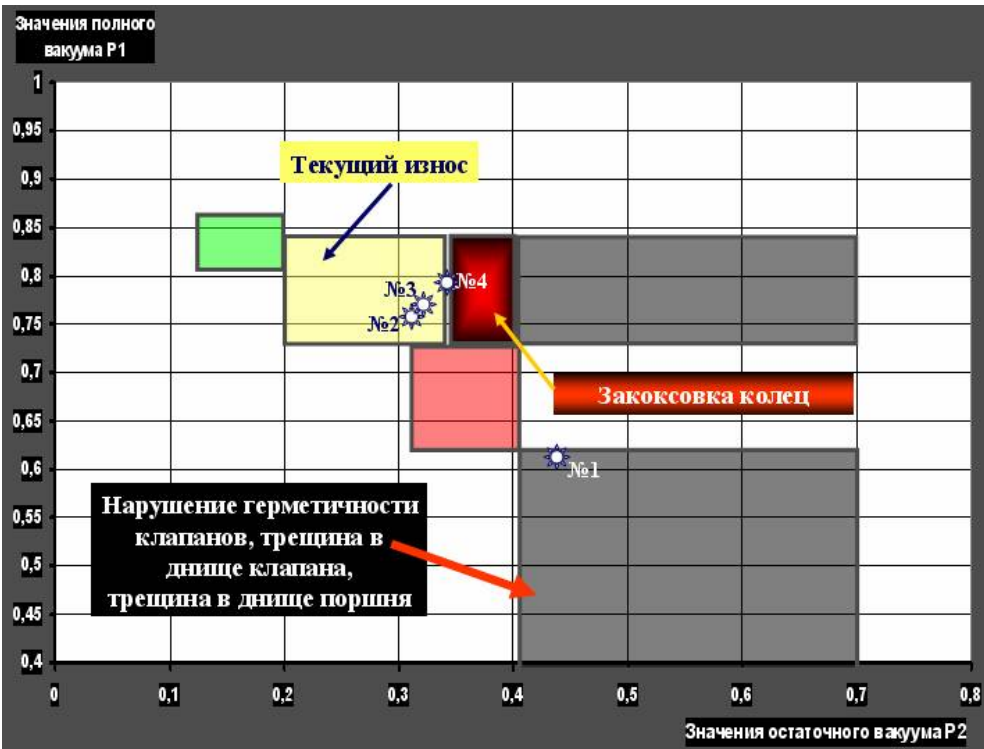
Автомобиль
ВАЗ-2109
Год выпуска – 1996
Автомобиль ВАЗ-2109 оснащен инжекторным двигателем объемом 1,3 л.
Диагностика с помощью компрессометра и АГЦ-2 показала следующие результаты:



[Рис 25.Параметры компрессии в цилиндрах двигателя](#)



[Рис 26.Параметры \$P_1\$ и \$P_2\$ по прибору АГЦ-2](#)



[Рис 27.Диаграмма \$P_1,P_2\$](#)

Анализ результатов диагностики

1. Износ ЦПГ двигателя текущий (измеренные координаты P1 и P2 попадают в зону «в» текущего износа)
2. Особого внимания требует поршневая группа цилиндра №4, так как координаты P1 и P2 находятся на границе зон «с» и «д» закоксовывания колец.
3. Явная неисправность в цилиндре №1: негерметичность камеры сжатия, так как координаты P1 и P2 находятся в зоне «f». Здесь наиболее вероятно нарушение герметичности клапанов газораспределения.

Безразборная Диагностика ДВС

Любую работу по доводке автомобильного двигателя необходимо начинать с оценки его технического состояния. Часто на автомобилях даже с небольшим пробегом обнаруживаются отклонения параметров от нормальных значений, обусловленных, как качеством изготовления, так и эксплуатацией техники на отечественном топливе и маслах сомнительного производства. Настоящим бедствием стало залегание поршневых колец, влекущее крайне негативные последствия для всего двигателя. Этому в определенной степени способствует общая тенденция мировых производителей к снижению высоты поршневых колец (для уменьшения потерь на трение), что ведет к снижению упругости и способности кольца к самоочистке. Определить такой дефект обычными методами практически невозможно.

Впрочем, известные инструментальные методы диагностирования цилиндро-поршневой группы можно свести к трем основным:

- интегральная оценка пневмоплотности сопряжения «гильза—компрессионное кольцо—канавка поршня» по расходу газов, прорывающихся в картер;
- оценка пневмоплотности конкретного цилиндра путем принудительной его опрессовки сжатым воздухом (принцип пневмокалибратора);
- оценка пневмоплотности конкретного цилиндра по максимальному давлению в конце такта сжатия (компрессометр).

В каждом из рассмотренных методов объективно заложен ряд недостатков, известных любому специалисту по ТО и ремонту ДВС. Но все-таки главное— это принципиальная неспособность определить конкретную причину потерь пневмоплотности ЦПГ.

Мы используем для этой цели принципиально новый вакуумный метод диагностики разработанный к.т.н. Чечетом В.А. Надеемся, что предлагаемая вниманию читателей информация будет интересна и полезна не только специалистам-профессионалам, но и всем, кто связан с любой авто-, мото- и авиатехникой.

Представляемый вакуумный метод диагностирования ЦПГ позволяет в целом свести к минимуму отмеченные недостатки и достаточно достоверно оценить поэлементное состояние ЦПГ и, соответственно, определить вид и объем необходимых ремонтных воздействий.

Сущность метода заключается в следующем: в процессе прокручивания коленчатого вала стартером или пусковым двигателем измеряют разрежение в надпоршневом пространстве на рабочем такте расширения посредством вакуумного клапана (см. рис. 1 а, б).

При этом, на предыдущем такте сжатия осуществляется полная продувка цилиндра через редукционный клапан малого давления (10⁻³ мПа).

Полученная величина полного вакуума (-P_г) характеризует состояние гильзы цилиндра (качество поверхности и степень износа) и плотность сопряжения «клапан-седло».

При этом важно отметить, что измерение полного вакуума осуществляется с минимальной трудоемкостью, так как не требует жесткого крепления ПУ перед измерением.

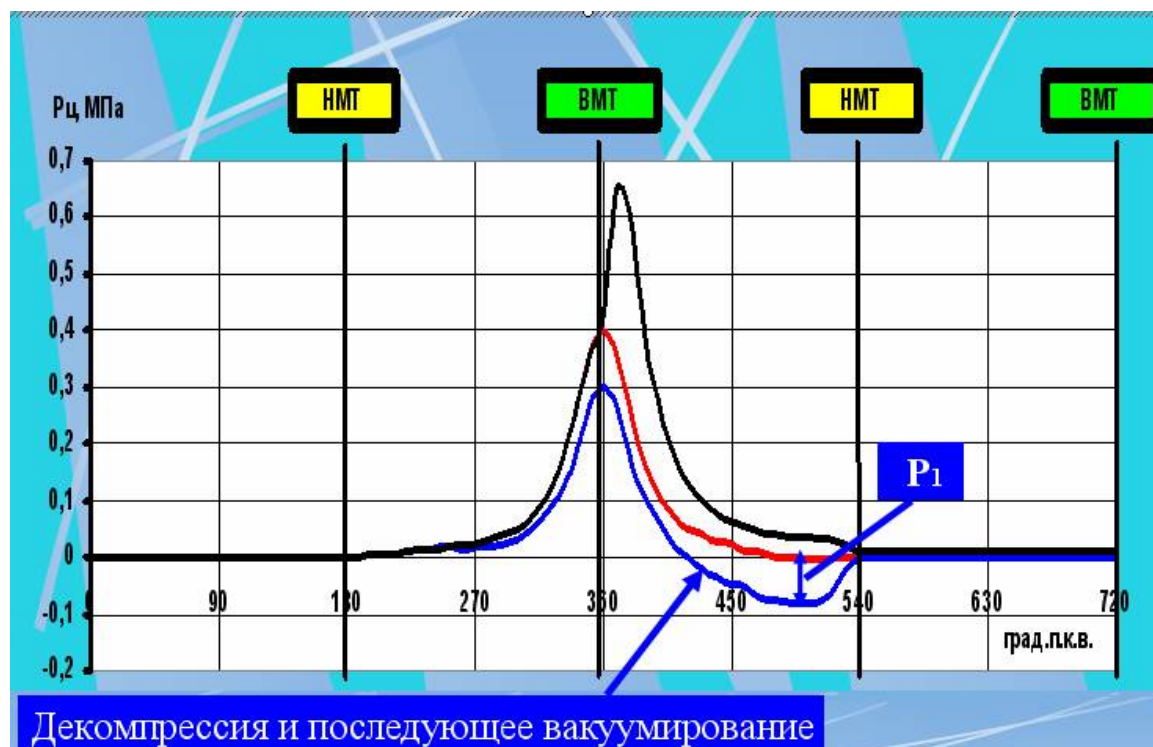


Рис.1а. Определение полного вакуума P₁

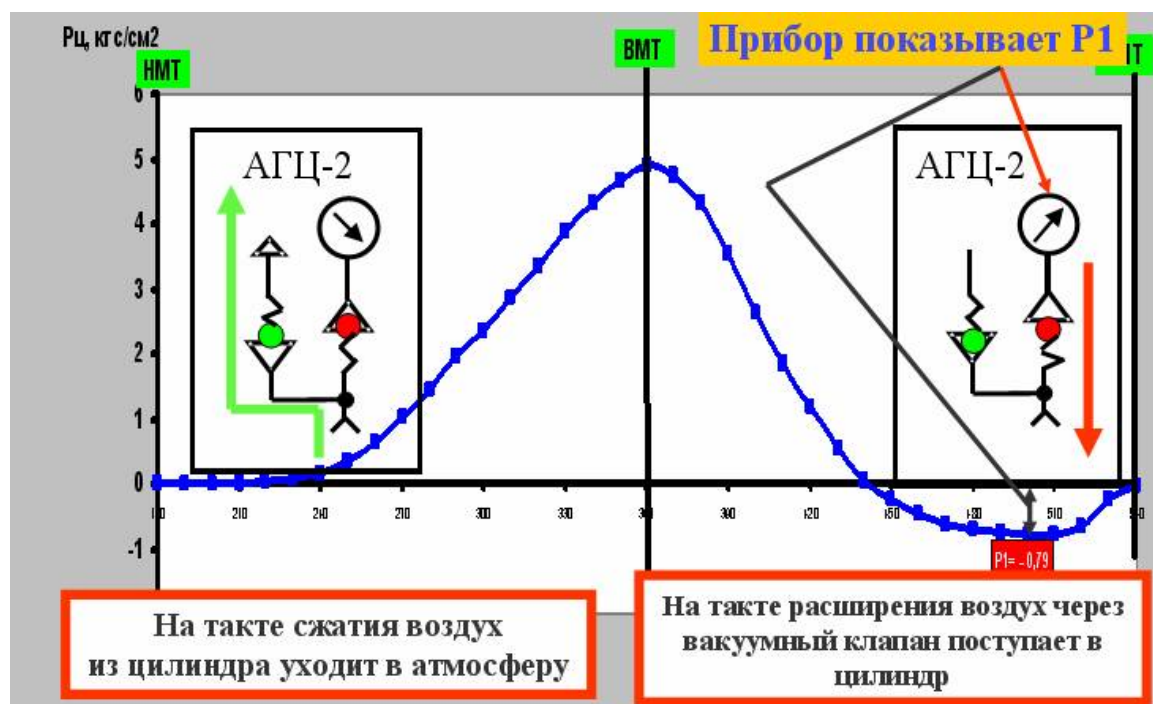
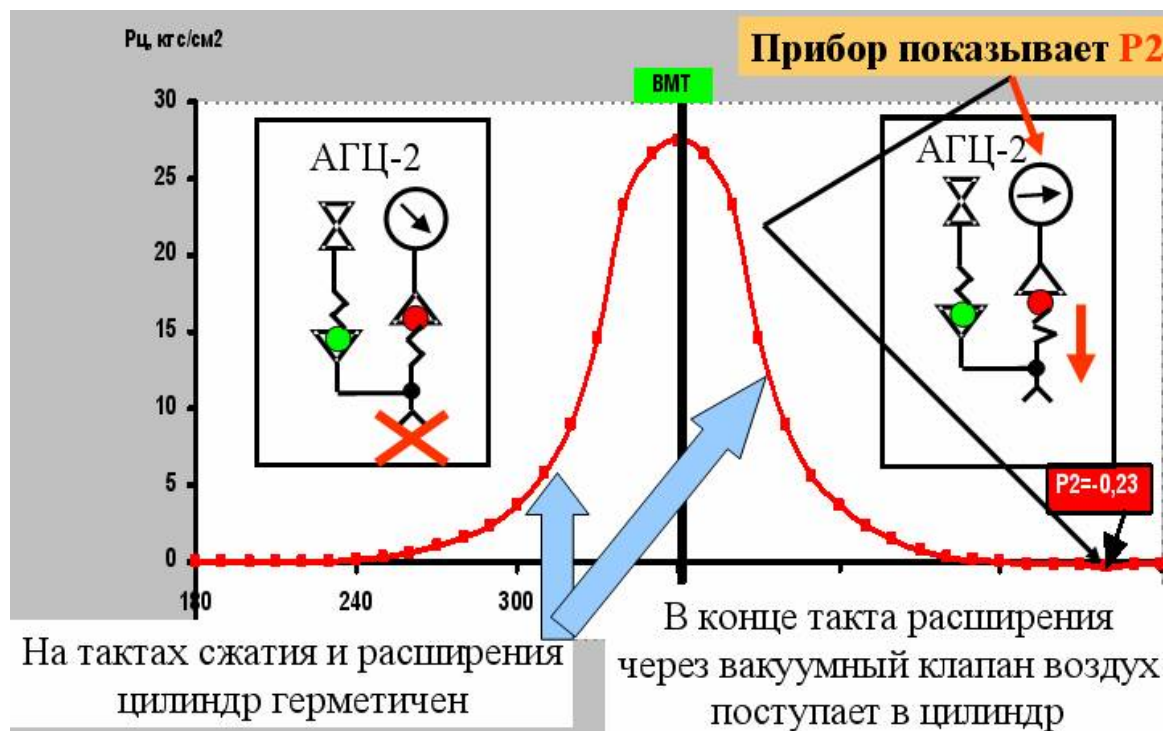


Рис.1б. Принцип измерения полного вакуума P₁



Однако величина полного вакуума практически не несет информацию о состоянии колец. Чтобы понять этот «феномен» обратимся к таблице 1, где представлены сравнительные результаты измерения вакуума и компрессии в цилиндрах ДВС, имеющих типовые неисправности

Таблица 1. ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ СОСТОЯНИЯ ЦПГ

№ п/п	Марка машины или ДВС (пробег или наработка)	Внешние признаки неисправности	№ цилин- дра	Диагностические параметры			Результаты экспертизы
				Рк, кгс/см ²	-Р ₁ , кгс/см ²	-Р ₂ , кгс/см ²	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	СМД-62* (1500 мото/ч)	Признаки неисправности отсутствуют	1.	30,0	0,91	0,15	Исправное состояние ЦПГ
			2.	29,5	0,91	0,14	
			3.	29,0	0,90	0,15	
			4.	29,0	0,90	0,17	
			5.	29,5	0,91	0,15	
			6.	29,0	0,90	0,16	

2.	ВАЗ-2107 (50 т.км.)	-«-	1.	11,0	0,81	0,19	-«-
			2.	10,5	0,80	0,20	
			3.	10,4	0,80	0,20	
			4.	10,3	0,80	0,20	
3.	СМД-62* (1800 мото/ч)	Неравномерная работа цилиндров, снижение мощности	1.	29,0	0,87	0,14	В 5-ом цилиндре сломана штанга впускного клапана
			2.	28,0	0,86	0,15	
			5.	30,0	0,94	0,12	
			6.	27,5	0,85	0,16	
4.	Д-240* (1500 мото/ч)	Интенсивное газовыделение из сапуна	1.	23,0	0,76	0,26	Предельный износ гильз вследствие негерметичности впускного тракта
			2.	23,5	0,78	0,25	
			3.	24,0	0,80	0,23	
			4.	25,0	0,81	0,24	
5.	ГАЗ-3102 (ЗМЗ-402, 12 т.км)	Недостаточная приемистость двигателя	1.	8,0	0,78	0,20	Некачественные гильзы в 3-ем и 4- ом цилиндрах
			2.	8,1	0,80	0,19	
			3.	8,0	0,77	0,20	
			4.	7,8	0,76	0,21	
6.	Д-240* (после ремонта)	Интенсивное газовыделение из сапуна, выброс масла	1.	28,0	0,92	0,12	В 3-ем и 4-ом цилиндрах увеличенные значения овальности и конусности гильз
			2.	28,0	0,91	0,14	
			3.	22,0	0,70	0,60	
			4.	24,0	0,72	0,56	
7.	Мерседес- 123* (350 т.км)	Трудный запуск в холодное время года	1.	22,5	0,8	0,28	Сильный износ компрессионных колец
			2.	21,7	0,8	0,3	
			3.	21,0	0,79	0,3	
			4.	19,8	0,78	0,35	
			5.	19,0	0,78	0,38	

8.	ГАЗ-24 (110 т.км)	Большой расход масла	1. 2. 3. 4.	9,5 8,5 9,0 9,0	0,80 0,79 0,80 0,80	0,36 0,40 0,36 0,35	Предельный износ компрессионных колец
1	2	3	4	5	6	7	8
9.	ГАЗ-24 (140 т.км)	Большой расход масла и дымление	1. 2. 3. 4.	9,2 9,0 7,0 6,6	0,78 0,78 0,75 0,76	0,3 0,3 0,38 0,4	Трещины компрессионных колец в 3-ем и 4- ом цилиндрах
10.	ВАЗ-2107 (170 т.км)	Признаки неисправности отсутствуют	1. 2. 3. 4	10,2 10,0 10,5 10,0	0,77 0,77 0,78 0,76	0,18 0,18 0,19 0,18	После пробега 120 т.км замена колец
11.	Мерседес- 124*	Стук в верхней части блока	1. 2. 4.	21,0 22,8 23,2	0,80 0,82 0,81	0,40 0,25 0,22	Ослабла резьбовая посадка свечи накаливания 1- го цилиндра
12.	Д-65*	Интенсивное пульсирующее газовыделение из сапуна	1. 2. 3. 4.	29,5 12,0 30,0 29,0	0,89 0,88 0,89 0,89	0,14 0,86 0,14 0,14	Отсутствует 1-е компрессионное кольцо во 2-ом цилиндре
13.	Д-65* (1200 мото/ч)	Газовыделение из сапуна	1. 2. 3. 4.	28,6 28,0 17,1 29,0	0,86 0,86 0,71 0,87	0,15 0,15 0,43 0,15	Расстопорение поршневого пальца в 3-ем цилиндре
14.	СМД-62*	Большой расход масла	1. 4. 6	28,0 15,3 28,7	0,88 0,84 0,87	0,14 0,73 0,15	Излом компрессионных колец в 4-ом цилиндре

15.	ВАЗ-2108 (130 т.км)	Большой расход масла	1. 2. 3. 4.	10,5 8,0 7,0 6,0	0,83 0,82 0,71 0,68	0,40 0,42 0,50 0,50	Потеря упругости поршневых колец и их поломка в 3-ем и 4-ом цилиндрах вследствие сильного перегрева
16.	ЗИЛ-130 (43 т.км)	Неравномерная работа цилиндров, дымление	5.	2,5	0,75	0,52	Излом компрессионного кольца в 5-ом цилиндре
17.	ГАЗ-3102 (150 т.км)	-«-	3.	5,0	0,77	0,52	Излом компрессионного кольца в 3-ем цилиндре
18.	ВАЗ-2109 (75 т.км)	Большой расход масла	1. 2. 3. 4.	9,0 9,2 9,6 8,2	0,83 0,83 0,84 0,83	0,37 0,34 0,38 0,45	Сильная закоксовка поршневых колец
19.	ВАЗ-21213 (65 т.км)	-«-	1. 4.	11,0 8,0	0,80 0,78	0,24 0,56	В 4-ом цилиндре кольца закоксованы в зажатом положении
20.	НИССАН (1,6 л –200 т.км)	-«-	1. 2. 3. 4.	11,0 11,0 13,0 11,0	0,82 0,82 0,82 0,82	0,30 0,28 0,24 0,26	Закоксовка поршневых колец
1	2	3	4	5	6	7	8
21.	ВАЗ-2109 (170 т.км)	-«-	1. 2. 3. 4.	12,0 11,5 12,0 12,0	0,82 0,83 0,83 0,83	0,24 0,25 0,26 0,25	Закоксовка колец
22.	ВАЗ-2104 (141 т.км)	-«-	1. 2. 4.	11,6 11,6 10,4	0,84 0,83 0,75	0,17 0,15 0,24	В 1-ом и 2-ом цилиндрах свечи залиты маслом. Негерметичны колпачки

23.	ВАЗ-2108	-«-	2.	12,5	0,83	0,15	Во 2-ом цилиндре негерметичны колпачки
24.	ВАЗ-2107 (144 т.км)	-«-	3.	12,8	0,84	0,20	В 3-ем цилиндре негерметичны колпачки
25.	ВАЗ-2107 (70 т.км)	После прогрева двигателя «троит»	2.	10,0	0,8	0,2	Трещина в днище клапана
			3.	2,0	0,6	0,4	3-го цилиндра
26.	СМД-62* (700 мото/ч)	Снижение мощности	4.	30,0	0,89	0,14	Скол на тарелке впускного клапана
			5.	4,0	0,40	0,35	5-го цилиндра
27.	ВАЗ-2109 (84 т.км)	-«-	1.	8,0	0,78	0,30	Коробление тарелки впускного клапана
			4.	0	0,48	0,39	4-го цилиндра
28.	Ауди-100 (181 т.км)	-«-	2.	2,2	0,64	0,58	Недостаточное прилегание конусной поверхности впускного клапана
			4.	10,0	0,82	0,28	2-го цилиндра к седлу
29.	ВАЗ-2105 (72,4 т.км)	Выброс воды из радиатора	1.	9,5	0,79	0,26	Пробита прокладка головки блока в зоне 2-го цилиндра
			2.	8,5	0,75	0,35	
30.	ГАЗ-3110 (30 т.км)	-«-	2.	10,5	0,81	0,23	Пробита прокладка головки блока в зоне 4-го цилиндра
			4.	8,0	0,74	0,34	
31.	Рено «Магнум»* (~750 т.км)	Большой расход масла, дымление	1.	32,5	0,88	0,1	Полная закоксовка колец во 2-ом цилиндре.
			2.	23,0	0,85	0,3	
			3.	31,0	0,89	0,14	Сильная закоксовка маслосъемных колец в остальных цилиндрах
			4.	30,0	0,88	0,2	(эффект гидроцилинда)
			5.	30,0	0,89	0,12	
			6.	29,0	0,88	0,19	

1	2	3	4	5	6	7	8
32.	МАН * (автобус – около 800 т.км)	Большой расход масла, дымление	1. 2. 6.	31,5 32,0 22,0	0,9 0,9 0,8	0,2 0,22 0,28	В 1-ом и 2-ом цилиндрах износ направляющих втулок (эффект гидроцилиндра), в 6-ом цилиндре предельный износ гильзы
33.	КрАЗ* (около 200 т.км)	Выброс масла из сапуна	6.	0	0,2	0,16	Прогар поршня в 6-ом цилиндре

* (звездочкой отмечен дизель)

Итак, анализируя примеры 7—9,12, таблицы 1, мы наблюдаем высокий полный вакуум (-P1) в отдельных или всех цилиндрах при неудовлетворительном состоянии поршневых колец. Разгадка этого «явления» достаточно проста — при «круглой» гильзе и «плотных» клапанах наличие масляного клина всегда обеспечит высокий вакуум. Перекроем редукционный клапан, то есть изолируем надпоршневое пространство. Теперь на такте сжатия давление повышается до максимального значения в момент достижения поршнем ВМТ. При этом часть сжимаемого воздуха прорывается через поршневые кольца в картер двигателя. После достижения ВМТ поршень идет вниз (такт расширения), возвращаясь в исходную ординату начала такта сжатия (см. рис. 1 в).

В этом случае вакуумный клапан «запоминает» остаточный вакуум (-P2), величина которого пропорциональна той части давления (компрессии), которая была «потеряна» при прорыве части воздуха через компрессионные кольца. При мало изношенных и не закоксованных (подвижных) кольцах величина остаточного вакуума весьма незначительна. При изношенных, закоксованных или поломанных компрессионных кольцах значение -P2 существенно возрастает.

Теперь рассмотрим гильзу. Известно, что в сечении изношенная гильза имеет форму эллипса. При большой степени износа (более 60 %) наличие зазора между эллипсным сектором зеркала цилиндра и круглым сектором компрессионного кольца обуславливает появление подсоса воздуха из картера на такте разрежения (расширения), который невозможно остановить масляным клином (примеры 4—6 табл. 1).

Аналогичная картина наблюдается при наличии на поверхности гильзы сильной выработки или вертикальных глубоких борозд (пример 13 — 3-й цилиндр).

В приведенных примерах рассмотрены классические (естественные) износы и механические дефекты гильз и колец. Между тем в практике эксплуатации ЦПГ гораздо более часто встречаются неисправности субъективной природы возникновения, в основе которой лежит неполное сгорание топлива в камере сгорания и попадание туда масла из-за негерметичности колпачков и направляющих втулок клапанов. Это закоксовка цилиндров и наличие масла.

Как известно, наличие масла в цилиндре значительно влияет на достоверность оценки пневмоплотности ЦПГ любым из перечисленных выше методов. Однако вакуумный метод и здесь позволяет распознать причину возникновения неисправности. В примерах 18, 21 завышенные показатели -P, свидетельствуют о наличии в цилиндрах дополнительного источника пневмоплотности в результате закоксовки колец, потерявших свою подвижность, и тем самым усиливших насосный эффект поршней. В примерах 22—24 показано влияние на вакуумные показатели негерметичности колпачков.

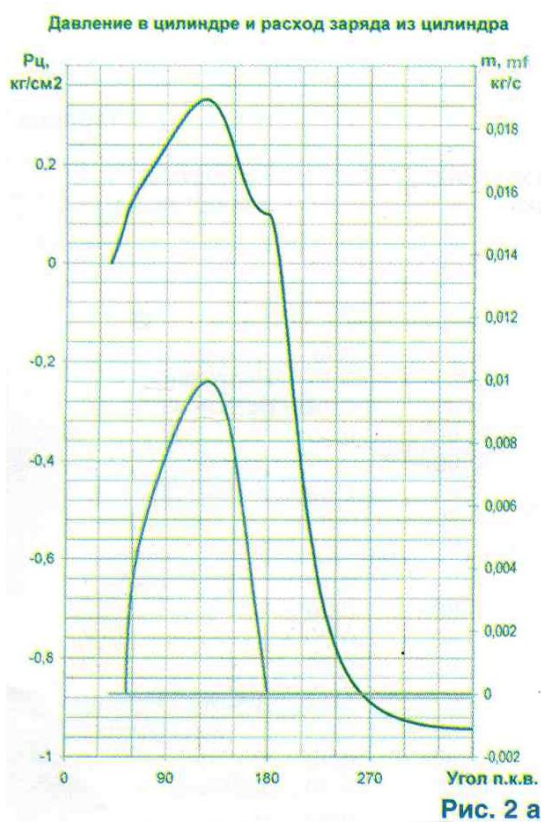
В целом на основе большого статистического материала можно сформулировать общее правило — если значение -P1 отдельного цилиндра (или всех) превышает среднее значение остальных или среднестатистическое для установленной наработки или пробега на 0,04 кгс/см², то это превышение свидетельствует о наличии в цилиндре свободного масла.

Разумеется, кроме масла в цилиндр может попадать топливо (пример 3, 5) или охлаждающая жидкость

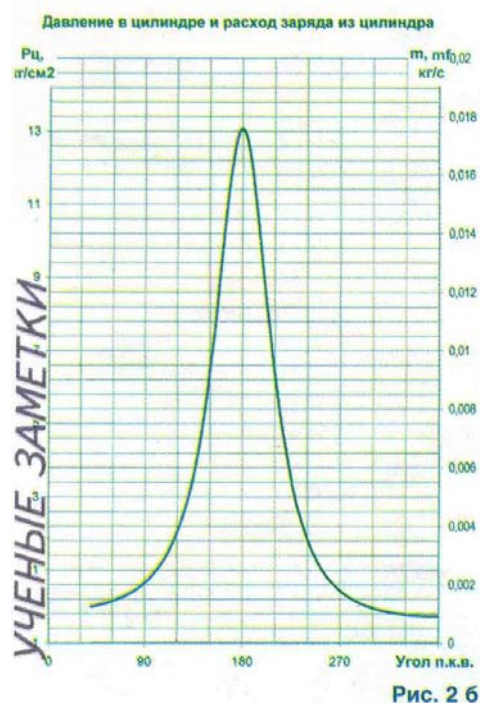
(пример 29, 30), где уменьшение показателей $-P_1$ связано с разжижением масляного клина.

Наконец, для дизелей большегрузных автомобилей, автобусов и другой техники иностранного производства, имеющих повышенный ресурс (так называемых «миллионников»), характер износа гильзы отличается от отечественного, то есть гильза изнашивается практически «кругло». В результате даже при больших износах и закоксовках (примеры 31, 32) в большинстве случаев показатели P_k , $-P_1$, $-P_2$ будут удовлетворительными (эффект гидроцилиндра), несмотря на повышенный расход масла. В таких случаях приведенного выше правила для оценки состояния ЦПГ явно недостаточно, и требуется привлечение других методов.

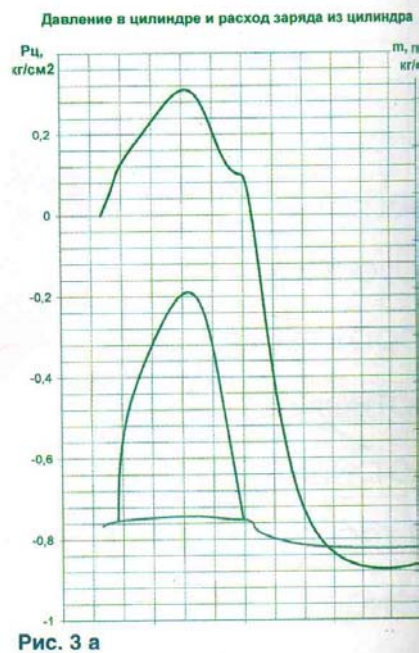
Особое место в классификации неисправностей ЦПГ отводится клапанному механизму. Теоретически, в случаях небольшого нарушения пневмоплотности сопряжения «клапан-седло» значения $-P_1$, $-P_2$ (например, для дизеля) будут близки (пример 6, 3—4-й цилиндр). И тогда, естественно, возникает зона информационной неопределенности, преодолеть которую возможно только с привлечением дополнительной диагностической информации (в данном случае используя пневмокалибратор). Практически неисправность указанного сопряжения проявляется в виде внезапного отказа (прогар, скол, трещина), приводящего к потере работоспособности данного цилиндра. Образование условного отверстия («дыры») в камере сгорания приводит к резкому уменьшению величины $-P_1$, так как никакой дополнительный источник пневмоплотности (лишнее масло, не прогоревшее топливо) не в состоянии его уплотнить (примеры 25—28).



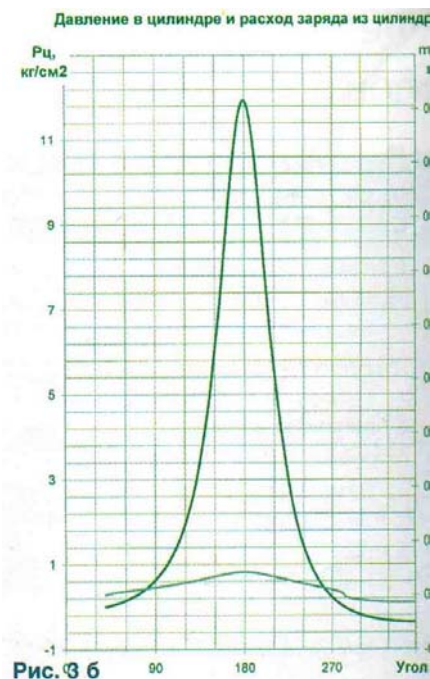
[Рис -2а](#)



[Рис -2б](#)



[Рис -3а](#)



[Рис -3б](#)

Давление в цилиндре и расход заряда из цилиндра

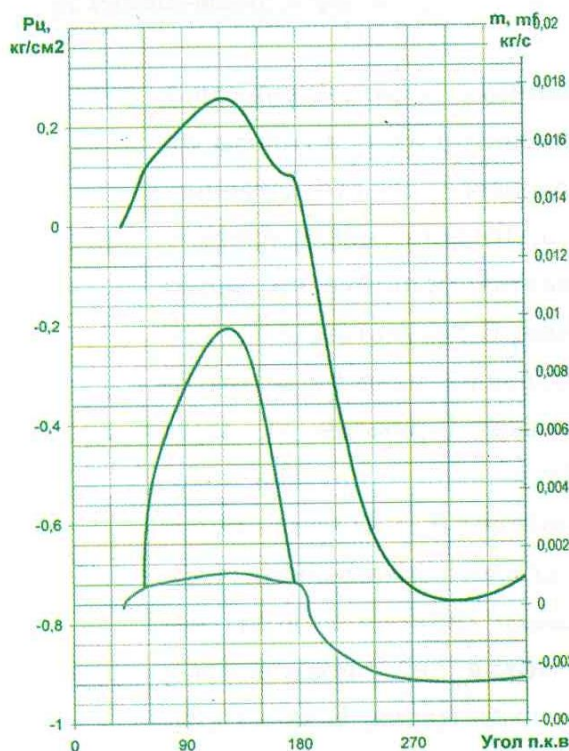


Рис. 4 а

Давление в цилиндре и расход заряда из цилиндра

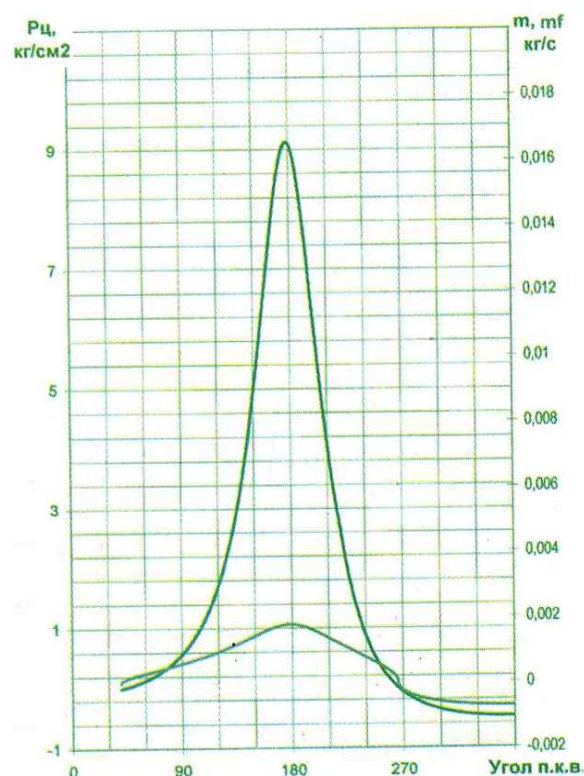


Рис. 4 б

[Рис -4а](#)

[Рис -4б](#)

Для теоретического анализа метода была разработана компьютерная программа, позволяющая моделировать пневмовакuumные процессы в ЦПГ для конкретных неисправностей. В данном примере были смоделированы отказы гильзы и компрессионных колец (продольные износы) инжекторного двигателя VW Passat.

На рис. 2—4 представлены модели процессов.

Анализ полученного значения очень наглядно подтверждает изложенное выше положение о наличии функциональной зависимости между величиной потерянного в конце такта сжатия давления и величиной возникшего в конце такта расширения вакуума (остаточного). Так, в примере (рис. 2 а, б) значения $-P_1$, $-P_2$ и P_k зашкаливают, соответственно до 0,93; 0; 13.

В реальном состоянии (рис. 3 а, б) значения характеристик практически совпадают с нормативными. Разность значений компрессии (1,1) обуславливает появление остаточного вакуума ($-P_2 = 0,18$).

Наконец, при предельном состоянии колец (рис. 4 б) разность значений P_k в сравнении с теоретически идеальным достигает 3,9, что, в свою очередь, увеличивает значение $-P_2$ до 0,35.

Рассмотренный вакуумный метод и технология диагностики состояния ЦПГ в настоящее время реализован в серийно выпускаемом приборе «Анализатор Герметичности Цилиндров (АГЦ) Прибор снабжен сертификатом (во избежание подделок действителен сертификат имеющий печать предприятия-владельца ТУ), защищен патентом № 2184360.

Вакуумный метод оценки пневмоплотности цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС)

Оценка степени износа поршневой группы и прогнозирование остаточного ресурса

Цилиндропоршневая группа – один из самых ответственных и быстро изнашиваемых узлов двигателя внутреннего сгорания. Потеряна компрессия в цилиндрах и наш двигатель перестал быть резвым и мощным, стал плохо запускаться, появился чрезмерный расход топлива и масла, а

за машиной расстиляется густой шлейф сизого дыма, загрязняя атмосферу, губя природу и преждевременно унося жизнь вселенной.

Разброс компрессии в цилиндрах приводит к преждевременному износу двигателя. Причин может быть много. Как часто мы не можем объективно оценить проблему и найти причину неисправностей?

В большинстве случаев двигатель ставится на ремонт и разбирается преждевременно, потому, что не определена конкретная причина неисправности. Нередко это бывает всего лишь из-за «закоксовки» поршневых колец одного из цилиндров или нагара на клапане, а всего лишь надо было сделать «раскоксовку» и заменить маслоъемный колпачок.

Представляем новый прибор диагностики цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания, не имеющий аналогов в мире, который без особого труда и тем более не разбирая мотора, даст Вам объективную оценку состояния, поломок, и остаточного ресурса ЦПГ двигателя внутреннего сгорания.

Называется он АГЦ – 2, анализатор герметичности цилиндров.

По мере совершенствования конструктивно - технологических элементов машин (в первую очередь ДВС) повышаются требования к оборудованию технического сервиса. Не в последнюю очередь эти требования касаются и средств технической диагностики, где наблюдается заметное отставание в части развития новых методов диагностирования, способных существенно повысить достоверность диагноза при одновременном снижении трудоемкости.

Зарубежный опыт показывает нам пути использования, как отдельных встроенных датчиков, так и информативных систем, обеспечивающих периодический или постоянный контроль технического состояния основных ресурсонесущих, или отвечающих за безопасность основных частей машин. Не вдаваясь в дискуссию перспективности данного пути развития средств контроля технического состояния машин, отметим, что для отечественного машиностроения (транспортные средства и мобильные энергетические установки) в силу ряда объективных причин быстрое развитие рассматриваемого направления разработок встроенных средств контроля в массовом варианте ни на сегодняшний день, ни на ближайший период нереально. Отметим также, что в методическом плане современные средства диагностики не отличаются значительно от средств 10-20-летней давности.

Рассмотрим этот вывод на примере ЦПГ (цилиндропоршневой группы) ДВС (двигателя внутреннего сгорания).

По числу отказов ДВС, ЦПГ занимает второе (до 20%) место после систем зажигания и впрыска топлива (до 45%).

Известные инструментальные методы диагностирования ЦПГ можно свести к трем основным: (Здесь мы не рассматриваем относительные методы: по току стартера и падению оборотов.)

- Инструментальная оценка пневмоплотности сопряжений «гильза – компрессионное кольцо – канавка поршня» по расходу газов, прорывающихся в картер;
- Оценка пневмоплотности конкретного цилиндра путем принудительной его опрессовки сжатым воздухом (при помощи пневмокалибратора);
- Оценка пневмоплотности конкретного цилиндра по максимальному давлению в конце такта сжатия (компрессии).

Каждый из рассмотренных методов имеет ряд недостатков, известных каждому специалисту по ТО и ремонту ДВС. Рассмотрим главный из них, недостаточную достоверность, на примере наиболее распространенного метода – компрессии.

В таблице №1 приведены примеры измерения компрессии (P_{k1} кгс/см²) при возникновении различных неисправностей.

Таблица 1

ДВС	Параметр	№ цилиндра						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
СМД-62 (дизель)	P_k	29,0	28,0	28,0	28,5	30,0	27,5	В 5-м цилиндре поломана впускная штанга
	P_1	0,87	0,86	0,86	0,87	0,94	0,85	
	P_2	0,14	0,15	0,15	0,14	0,12	0,16	
Д-240	P_k	23,0	23,5	24,0	25,0	-	-	Износ ЦПГ вследствие

(дизель)	P ₁	0,76	0,78	0,80	0,81	-	-	не герметичности впускного тракта
	P ₂	0,26	0,25	0,23	0,24	-	-	
ГАЗ 24	P _к	9,5	8,5	9,0	9,0	-	-	Предельный износ компрессионных колец
	P ₁	0,80	0,79	0,80	0,80	-	-	
	P ₂	0,36	0,40	0,36	0,35	-	-	
ВАЗ 2109	P _к	11,0	10,0	10,0	8,0	-	-	Текущий износ колец. Предельный износ п.колец 4-го цилиндра
	P ₁	0,83	0,83	0,85	0,85	-	-	
	P ₂	0,24	0,29	0,33	0,39	-	-	
ВАЗ 2107	P _к	9,5	9,5	3,0	9,0	-	-	Двигатель после прогрева «троит». Трещина в днище клапана 3-го цилиндра
	P ₁	0,80	0,80	0,60	0,80	-	-	
	P ₂	0,20	0,20	0,40	0,21	-	-	

Анализ представленных результатов показывает:

В первом примере (СМД-62Р) метод слабо отреагировал на неисправность 5-го цилиндра (появление дополнительного источника пневмоплотности в виде топлива);

Во втором, третьем и четвертом примерах по показателям компрессии невозможно определить причину снижения пневмоплотности.

Предлагаемый к рассмотрению метод диагностирования ЦПГ позволяет в целом свести к минимуму отмеченные недостатки и достаточно достоверно оценить состояние ЦПГ и, соответственно, определить вид и объем профилактических не обезличенных ремонтных воздействий. Сущность метода заключается в следующем: в процессе прокручивания коленчатого вала стартером или пусковым двигателем, измеряют разрежение в надпоршневом пространстве на такте расширения посредством вакуумного клапана. При этом на предыдущем такте сжатия осуществляется полная продувка цилиндра через редукционный клапан малого давления (0,01Кгс/см²). Полученная величина полного вакуума (P₁) характеризует состояние гильзы цилиндра (овальность и конусность) и плотность сопряжения «клапан-седло». Замеры полного вакуума (P₁) осуществляются с минимальной трудоемкостью, т.к. не имеют жесткого крепления переходных устройств (ПУ) перед измерением. Но при этом виде измерения (P₁) мы ничего не можем сказать о состоянии поршневых колец. Почему? Ответ достаточно прост – при нормальной гильзе и «плотных» клапанах наличие масляного клина всегда обеспечит высокий вакуум (примеры 3, 4 табл. 1).

Перекроем редукционный клапан, изолировав тем самым надпоршневое пространство. Теперь на такте сжатия давление повышается до максимального значения (компрессии). При этом часть сжимаемого воздуха прорывается через поршневые кольца в картер двигателя. После достижения ВМТ поршень начинает такт расширения, возвращаясь на исходную координату начала такта сжатия.

В этом случае вакуумный клапан «запоминает» остаточный вакуум, величина которого прямо пропорциональна той части давления (компрессии), которая была «потеряна» при прорыве через поршневые кольца. При нормальных кольцах остаточный вакуум весьма незначителен (пример 1 табл.1.). При изношенных, поломанных или «закоркованных» поршневых кольцах существенно возрастает (пример 3,4 табл.1.).

Рассмотрим случай износа гильзы. Известно, что гильза при износе в вертикальной проекции приобретает форму эллипса. При достаточной степени износа (>50%) наличие зазора между эллипсным сектором зеркала цилиндра и круглым сектором компрессионного кольца обуславливает появление подсоса воздуха из картера на такте разрежения, который не может быть устранен никаким масляным клином (пример 2, табл. 1).

Особое место в классификации неисправностей ЦПГ и их признаков отводится клапанному механизму. Теоретически в случае небольшого нарушения пневмоплотности сопряжения «клапан-седло» количественные значения P₁, P₂ будут близки примеру 2, 1-го цилиндра, табл.1. И тогда естественно возникает зона информационной неопределенности, решить которую возможно только с привлечением дополнительных диагностических операций (например, подача воздуха в цилиндр). Практически неисправность указанного сопряжения появляется в виде внезапного отказа (скол, трещина, прогар или нагар), приводящего к потере работоспособности данного цилиндра. Образование условного отверстия в камере сгорания приводит к резкому уменьшению величины P₁, т.к. никакой дополнительный источник пневмоплотности (лишнее масло, несгоревшее топливо) не в состоянии его уплотнить (пример 5, 3 цил.).

Экспериментальные исследования, подкрепленные большим статистическим материалом, позволили обосновать основные нормативные значения показателей P_1 и P_2 для дизельных и бензиновых двигателей (см. Табл.2).

Таблица 2

ДВС	Номинальные значения кгс/см ²		Предельные значения кгс/см ²		
	Гильза P_1	Кольца P_2	Гильза P_1	Кольца P_2	Клапан P_1
Дизель	0,89-0,94	0,14-0,17	0,78	0,25	0,65
Бензин Аи-92	0,80-0,84	0,17-0,20	0,75	0,32	0,60
Бензин Аи-80	0,80-0,82	0,18-0,20	0,72	0,36	0,60

Рассмотренный метод диагностики ЦПГ в настоящее время реализован в серийно выпускаемом приборе «Анализатор герметичности цилиндров» АГЦ-2 (рис1), который входит в комплект переносного диагностического комплекта (ПДК). На диагностику ЦПГ потребуется 20-30 минут времени.

Прибор защищен авторским свидетельством № 1467423, сертифицирован, сертификат № 0000585 от 14.11.2000г., ТУ5252-411-18380931-2000.

В комплект ПДК входит много полезных приборов позволяющих провести диагностику двигателя внутреннего сгорания по разным параметрам не только в гараже, но и в полевых условиях.

Итак, первое это диагностика. Поиск объективных причин неисправностей и естественно оптимальных методов их устранения.

Об одной из новых технологий - «ГТМ-технологии», которая позволяет сделать «раскоксовку» поршневых колец, убрать нагар с клапанов, сделать их «герметичными», очистить от нагара поверхности поршней и головку блока, избирательно восстановить изношенные детали двигателя и, как следствие вернуть ему жизнь и былую мощность, мы расскажем в следующей публикации. Мы готовы ответить на все Ваши вопросы, связанные с диагностикой ДВС и «ГТМ-технологии» по электронной почте или факсом.

Литература:

Чечет В.А. Технологические карты по диагностированию и прогнозированию остаточного ресурса с/х машин. Раздел ДВС. Новосибирск – 2000.

ВАКУУМНАЯ ДИАГНОСТИКА

Предлагаемый вакуумный способ оценки пневмоплотности цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) позволяет не только определить процент износа деталей, но и выявить конкретный дефект деталей ЦПГ.

Метод позволяет в целом свести к минимуму затраты, достаточно достоверно оценить состояние ЦПГ и, соответственно, определить вид и объем профилактических ремонтных работ. Сущность метода заключается в следующем: в процессе прокручивания коленчатого вала стартером или пусковым двигателем измеряют разрежение в надпоршневом пространстве на такте расширения посредством вакуумного клапана. При этом на предыдущем такте сжатия осуществляется полная продувка цилиндра через редукционный клапан малого давления (0,01 кгс/см²). Полученная величина полного вакуума характеризует состояние гильзы цилиндра (овальность и конусность) и плотность сопряжения клапан — седло. Замеры полного вакуума осуществляются с минимальной трудоемкостью, т.к. не имеют жесткого крепления переходных устройств перед измерением. Но при этом виде измерения мы ничего не можем сказать о состоянии поршневых колец. Почему? Ответ достаточно прост: при нормальной гильзе и «плотных» клапанах наличие масляного клина всегда обеспечит высокий вакуум.

Перекрыем редукционный клапан, изолировав тем самым надпоршневое пространство. Теперь на такте сжатия давление повышается до максимального значения (компрессии). При этом часть сжимаемого воздуха прорывается через поршневые кольца в картер двигателя. После достижения ВМТ поршень начинает такт расширения, возвращаясь на исходную координату начала такта сжатия.

В этом случае вакуумный клапан «запоминает» остаточный вакуум, величина которого прямо пропорциональна той части давления (компрессии), которая была «потеряна» при прорыве через поршне-

вые кольца. При нормальных кольцах остаточный вакуум весьма незначителен. При изношенных, поломанных или закоксованных поршневых кольцах существенно возрастает.

Как было описано выше, для снятия данных по основным показателям (компрессия, полный вакуум, остаточный вакуум) необходимо произвести элементарные замеры на тестируемом двигателе. Комплект диагностического оборудования включает в себя прибор для измерения компрессии и два вакуумметра. Технология замера достаточно проста и на прогретом двигателе займет 10 — 15 минут. Для снятия показателей необходимо два человека. Один контролирует показатели приборов, второй с водительского места включает стартер для прокрутки коленвала двигателя