

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



7 июля 2006г.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ № 01/07**

20 марта 2006 г. в г. С-е был произведен ремонт двигателя BMW M60, при котором использован блок цилиндров, восстановленный в ООО "Абсолют" путем перегильзовки согласно заказ-наряда 139 от 19.12.2005г. (заказчик – Петров Д.Е.). По словам ответственного за сборку двигателя Герасимова А.В., после окончания ремонта двигатель на автомобиле проработал 500-600 км, появился посторонний шум, а при вскрытии выяснилось, что в 5-ти цилиндрах зазоры увеличились и составили 0,15-0,20 мм, а в 3-х цилиндрах увеличились не более чем на 0,01 мм. Для оценки степени повреждения блока, установления причины дефекта блок вместе с поршнями был передан в ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг".

**Исследование блока, поршней и других деталей двигателя и составление настоящего заключения** проводилось специалистами экспертами-автотехниками Бюро моторной экспертизы в составе:

1. **Хрулев А.Э.** – образование высшее, кандидат технических наук, Ген.директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг", сертификат эксперта-автотехника № , стаж работы по специальности 16 лет,
2. **Горелик П.С.** – образование высшее, технический директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг", сертификат эксперта-автотехника № , стаж работы по специальности 15 лет,

#### **Объект экспертизы**

Блок цилиндров двигателя BMW M60 № 5134 0817, поршни (8 шт.) в сборе с шатунами, поршневыми кольцами и пальцами. Заказчик ремонта блока по заказ-наряду №139: Петров Денис Владимирович.

#### **Вопросы, поставленные перед экспертами:**

1. Какие дефекты имеются на блоке цилиндров, поршнях и других сопряженных с ними деталях?
2. В чем причина дефектов, если таковые имеются?
3. Могут ли эти дефекты быть связаны с некачественной сборкой двигателя или с нарушением правил эксплуатации автомобиля? Нарушение каких технологий, инструкций или правил могло вызвать появление этих дефектов?
4. Могут ли эти дефекты быть следствием некачественного ремонта блока цилиндров?

#### **Исходная информация**

Экспертам для изучения представлен блок цилиндров разобранного двигателя и шатунно-поршневая группа (ШПГ), в том числе, поршни (8 шт.) в сборе с шатунами, поршневыми кольцами и пальцами.

Согласно заявлению ответственного за сборку двигателя Герасимова А.В., переданного в ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" телефаксом 28 июня 2006г., двигатель после ремонта проработал по пробегу автомобиля 500-600 км, после чего был вскрыт по причине постороннего шума. Г.Герасимов А.В. на словах объяснил причину выхода

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



двигателя из строя некачественным материалом гильз, примененных при ремонте блока цилиндров.

Согласно осмотру, блок цилиндров проходил традиционный в случае его износа ремонт, заключающийся в установке ремонтных чугунных гильз, их расточке и хонингованию под размер юбок поршней, переданных заказчиком.

#### Использованная литература

1. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Изд-во "За Рулем", М.: 1998.- 480с.
2. Повреждения поршней - как выявить и устранить их. MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2004.- 103с.
3. Piston Damage – Causes and Remedies. – MANHE GmbH, Stuttgart, 1999.- 66с.
4. Хрулев А. Почему прогорел поршень? "Автомобиль и сервис", № 10/2000.
5. Катализатор: вина доказана. "Автомобиль и сервис", №9/1999.
6. Хрулев А. «„Азотная“ технология: ремонт без ошибок» "Автомобиль и сервис", № 1/2002.
7. Хрулев А. Нюансы гильзования. "Автомобиль и сервис", № 2/2004.
8. Хрулев А. Алюминиевый блок цилиндров: „Заменить нельзя отремонтировать“. Ч.1 и 2, "Автомобиль и сервис", № 10/2002, 1/2003.
9. Степаненко И., Хрулев А. Ремонтируем блок цилиндров. Ч. 3, "Автомобиль и сервис", № 9/1999.
10. Поднебеснов А., Хрулев А. Ремонтируем блок цилиндров. Ч. 5, "Автомобиль и сервис", № 12/1999.
11. Электронный каталог запчастей [www.elcats.ru](http://www.elcats.ru)

#### Место проведения осмотра

Москва, Балтийская ул., 16, корп.30, Технический центр "Сокол" ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг", моторный цех.

#### При осмотре присутствовали:

1. Эксперт-автотехник, Ген.директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" Хрулев А.Э.
2. Эксперт-автотехник, техн. директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" Горелик П.С.
3. Эксперт-автотехник, нач. производства ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" Кувалдин В.А.
4. Мастер-приемщик ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" Поспелов С.А.
5. Расточник-хонинговщик ООО "Абсолют" Мехедов С.А.

#### При осмотре блока цилиндров и деталей к нему установлено:

Блок цилиндров и детали установлены на верстаке. Блок цилиндров полностью разобран, поршни собраны с шатунами, поршневыми кольцами и пальцами (рис. 1).

Для ответа на первый вопрос и определения состояния сопряженных деталей поршни, поршневые кольца и поршневые пальцы были демонтированы с шатунов.

Для количественной оценки степени износа использовались измерительные приборы:

1. Нутромер 50-100 мм №21500
2. Микрометр 0-25 мм №6217
3. Микрометр 75-100 мм №5574

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



4. Набор плоскопараллельных мер длины №017899
5. Лекальная линейка 300 мм.
6. Набор щупов.

При осмотре установлено, что цилиндры №№ 4, 5, 6, 7, 8 имеют заметный износ в верхней части, причем максимальный износ этих цилиндров локализуется не в зоне остановки верхнего поршневого кольца, а ниже, в зоне остановки среднего компрессионно-маслосъемного кольца (рис.2).

Гильзы цилиндров имеют нормальный цвет без следов перегрева и поступления в цилиндр охлаждающей жидкости, просадки гильз относительно верхней плоскости блока не обнаружено.

Измерения размера цилиндров блока с помощью нутромера показали следующие результаты:

№ цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр в нижней части в продольной плоскости (номинальный размер), мм	84,02	84,03	84,02	84,02	84,03	84,03	84,03	84,03
Размер в наиболее изношенной части, мм	84,05	84,05	84,05	84,09	84,18	84,15	84,08	84,09
Максимальный износ, мм	0,03	0,03	0,03	0,07	0,15	0,12	0,05	0,06

Цилиндры, имеющие большой износ, характеризуются многочисленными мелкими вертикальными рисками в средней части, в зоне контакта с юбкой поршня. Аналогичные риски имеются и в малоизношенных цилиндрах №№ 1, 2, 3. **Верхняя часть всех цилиндров выше зоны остановки среднего кольца практически не имеет износа** (по нутромеру), но имеет многочисленные мелкие риски (рис 3). Сетка хонинговальных рисков присутствует во всех зонах, где не отмечен заметный износ, включая также и указанную область выше мест остановки в ВМТ средних колец (рис.3).

Юбки всех поршней имеют серо-матовый цвет с многочисленными мелкими вертикальными рисками, что свидетельствует об их износе (рис.4). Следов перегрева на юбках поршней не обнаружено. Поршни 5-го и 6-го цилиндров имеют также матовый цвет на огневом поясе, что свидетельствует о касании огненным поясом цилиндра в мертвых точках при перекладке (рис.5). На всех поршнях на огневом поясе присутствуют также риски и вкрапления сравнительно крупных частиц, видимых невооруженным глазом.

Измерения размеров поршней с помощью микрометра дали следующий результат:

№ цилиндра (поршня)	1	2	3	4	5	6	7	8
Размер юбки, мм	83,95	83,95	83,95	83,91	83,83	83,83	83,93	83,94
Номинальный размер поршня, мм	83,97							
Износ, мм	0,02	0,02	0,02	0,06	0,14	0,14	0,04	0,03

В поршнях 4, 5, 6, 7, 8-го цилиндров верхние компрессионные кольца находятся в сжатом и заклиненном состоянии в канавках поршней (рис. 6), в канавках 1, 2 и 3-го поршней верхние кольца имеют очень плохую подвижность – для их сдвига требуется

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



усилие. Маслосъемные кольца – наборного типа, с 2-функциональным расширителем, имеют сильно затрудненную подвижность во всех нижних канавках поршней (рис. 7). Средние кольца имеют нормальную подвижность в канавках поршней.

После демонтажа колец визуально было установлено, что в канавках поршней находится вещество темно-серого цвета наподобие мази, содержащее абразивные частицы (рис.8). Далее после очистки канавок поршней с помощью чистой ветоши при помощи микрометра и плоскопараллельных мер длины было установлено, что зазор верхних поршневых колец в канавках поршней составляет 0,03-0,04 мм, что является нормой для данного типа двигателя. Обратная установка колец в канавки поршня показала, что на очищенных от абразива деталях подвижность колец в канавках поршня полностью восстанавливается.

Верхние кольца не имеют явных следов износа ни по рабочей поверхности, ни по торцам (рис.9). В то же время торцевые поверхности средних колец приобрели характерный для абразивного износа матовый серый оттенок, причем **характер износа средних колец свидетельствует о попадании в зазор между кольцами и канавками поршней сравнительно крупных частиц** (рис.10). Износ торцевых поверхностей средних колец, измеренный микрометром, составил около 0,01 мм.

Более детального исследования указанного выше вещества, содержащего абразив, не проводилось.

Состояние колец оценено путем измерения зазора в замке при помощи набора щупов и концевых мер длины:

№ цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8
Зазор в замке верхнего кольца, мм	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Зазор в замке среднего кольца, мм	0,5	0,5	0,5	0,8	2,9	3,0	1,7	1,2
Зазор в замке нижнего кольца, мм	1,3	1,4	1,5	1,7	2,1	2,3	2,1	1,8

Таким образом, износ верхних колец в целом незначителен во всех цилиндрах, в то время как износ средних колец приблизительно пропорционален износу цилиндров, при этом чрезмерный износ отмечен только в цилиндрах левого ряда. Чрезмерный износ всех маслосъемных колец наблюдается во всех без исключения цилиндрах и также имеет корреляцию с износом остальных деталей.

Состояние поршневых пальцев характеризует износ в средней их части в местах сопряжения со втулкой верхней головки шатуна (рис.11):

№ цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8
Размер пальца в средней части, мм	21,98	21,98	21,98	21,98	21,94	21,94	21,97	21,98
Размер пальца на краях, мм	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99
Износ, мм	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,02	0,01

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



В целом наибольший износ деталей наблюдается в цилиндрах левого ряда двигателя (№№ 5, 6, 7, 8), детали цилиндров правого ряда характеризуются небольшим износом, но несколько больший износ отмечен в цилиндре № 4 (последний цилиндр в правом ряду).

Измерений и осмотра других деталей не проводилось по причине не предоставления их заказчиком и его представителем. Кроме того, не были предоставлены необходимые в подобных случаях вкладыши коленвала, головки блока, каталитические нейтрализаторы системы выхлопа, впускной и выпускной коллекторы, воздухопроводы, воздушный фильтр, а также образцы моторного масла и топлива.

### **Исследовательская часть.**

**Ответ на второй и последующие вопросы** в определенной степени затруднен ограниченной информацией, которую дают представленные заказчиком детали при отсутствии остальных перечисленных выше деталей и узлов, двигателя или всего автомобиля в целом. Тем не менее, для ответа на поставленные вопросы в пределах имеющейся информации необходимо рассмотреть и охарактеризовать общее состояние исследуемых деталей и процессы, с ними происходящие.

Согласно литературе [1, 2, 3], все детали имеют вид, характерный для так называемого абразивного износа. Такой износ возникает при попадании в двигатель твердых частиц размером от нескольких микрон до нескольких десятков микрон и более. Попадая далее между трущимися поверхностями, эти частицы вызывают их износ, причем происходит внедрение этих частиц в более мягкий материал (алюминиевые сплавы, бронза, применяемые для вкладышей, втулок и подшипников) или металл, обладающий повышенной пористостью (гильза цилиндра). Последнее, в свою очередь, нередко вызывает более сильный износ ответной твердой детали (поршневой палец, шейка коленчатого или распределительного вала, поршневые кольца).

Наибольший износ в присутствии абразива испытывают цилиндры в зоне остановки колец в верхней мертвой точке. В этой зоне сопряжение деталей происходит в условиях так называемого граничного трения при недостатке смазки [1], а работоспособность деталей обеспечивается, в основном, твердым материалом (покрытием) колец, микрорельефом и пористостью поверхности цилиндра, за счет которых масло удерживается во впадинах и порах и смазывает зону сопряжения. Однако при попадании в эту зону посторонних частиц за счет отсутствия явно выраженной масляной пленки и внедрения частиц в поры и впадины на поверхности цилиндра происходит интенсивное взаимное истирание (износ) сопрягаемых поверхностей деталей.

Интенсивному износу в присутствии абразива подвергаются и детали, сопрягаемые на масляной пленке, в том числе, подшипники и пары типа "цилиндр-поршень". При этом наибольший износ в этих сопряжениях происходит при попадании в них частиц, по размеру соизмеримых или несколько меньших толщины масляной пленки (приблизительно 1-20 мкм), в то время как более крупные частицы или, наоборот, очень мелкие не вызывают быстрого износа, хотя и заметно сокращают ресурс этих деталей.

Необходимо отметить, что попадание сравнительно крупных частиц абразива в цилиндр, как правило, не приводит к их поступлению сразу ко всем поршневым кольцам, поскольку верхние кольца задерживают эти частицы. В этом случае максимальный износ наблюдается обычно у верхнего кольца и в зоне его остановки в ВМТ на поверхности цилиндра. Однако продукты этого износа – мелкие твердые частицы, попадают под расположенные ниже другие кольца, в результате чего процесс износа быстро распространяется вниз, охватывая не только кольца и поверхность цилиндра, но и юбку поршня, а далее, переносятся маслом и к другим парам трения.



**Причины попадания абразива в двигатель** могут быть различны, их можно разбить на 2 группы:

1. Попадание частиц в цилиндр через впускной и выпускной каналы и далее через детали цилиндропоршневой группы в систему смазки.
2. Попадание частиц непосредственно в систему смазки.

**Первая группа причин** связана как с попаданием частиц извне, так и из мест их локализации внутри впускного и выпускного трактов. Эти причины следующие:

- 1.1. Абразивные частицы попадают из атмосферы через впускной тракт при повреждении или даже отсутствие воздушного фильтра [2, 3, 4].
- 1.2. Частицы попадают непосредственно из впускного тракта, загрязненного за время эксплуатации, предшествующей ремонту, и который не был тщательно очищен и промыт в процессе ремонта двигателя [2, 3, 4].
- 1.3. Частицы поступают из впускного тракта, который был загрязнен при ремонте и не промыт надлежащим образом [2, 3, 4].
- 1.4. Частицы поступают из выпускного тракта при создании в этом тракте большого противодавления, препятствующего нормальному процессу выхлопа [5].

Согласно измерениям деталей, результаты которых приведены выше, имеется достаточно четкое различие в степени износа по рядам цилиндров. В то же время, конструкция двигателя М60 и его системы впуска такова [11], что один фильтр питает воздухом оба ряда цилиндров через единый впускной коллектор-ресивер (рис.12). Вследствие этого причины №№ 1.1-1.3 не могут вызвать тот характер износа деталей с разницей по рядам цилиндров, который был отмечен выше.

Однако причина №1.4 заслуживает особого внимания, поскольку является весьма часто встречающейся в эксплуатации всех двигателей, оснащаемых каталитическими нейтрализаторами. В литературе [5] приводится механизм попадания абразивных частиц в V-образный двигатель в результате оплавления катализатора в системе выпуска с 2-мя независимыми катализаторами. А именно такая конструкция и применена на автомобиле BMW с двигателем М60 (рис. 13).

Суть происходящих процессов сводится к следующему (рис.14). В катализаторе при его плавлении и последующем частичном разрушении образуются абразивные частицы. Одновременно происходит закупоривание проходного сечения сот катализатора как за счет плавления керамики, так и крупными частицами.

Такой эффект обычно вызван эксплуатацией автомобиля на некачественном бензине, дефектом в системе управления двигателем или в механической части двигателя (последнее нередко связано с неисправностью распределительного механизма, включая неправильную установку фаз газораспределения, негерметичность клапанов, зависание клапанов в направляющих втулках, отказом свечей зажигания). Эти причины вызывают неполное сгорание топлива в целом либо в отдельных цилиндрах с последующим его догоранием в катализаторе, что и дает перегрев и разрушение катализатора.

На V-образных двигателях, включая и рассматриваемый, в выхлопной системе устанавливаются 2 независимых катализатора – по 1-му для каждого ряда цилиндров [11]. Как правило, разрушение происходит в одном из двух катализаторов, наиболее подверженных воздействию неблагоприятных условий. Тогда цилиндры того ряда, где произошло это разрушение, испытывают значительное противодавление со стороны выпуска. В результате повышения давления в выпускной трубе этого ряда цилиндров, в момент перекрытия клапанов из выпускной системы частицы абразива не только

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



попадают в цилиндры этого ряда, но и засасываются во впускной коллектор и далее попадают в цилиндры противоположного ряда на их тактах впуска.

При указанных условиях цилиндры того ряда, где произошло разрушение катализатора, испытывают самый сильный абразивный износ, в то время как в цилиндры противоположного ряда попадает меньшее количество частиц, и их износ, как правило, оказывается меньше. Но при этом цилиндры, расположенные ближе к выхлопной системе противоположного ряда, могут иметь более сильный износ. Такой характер износа объясняется существенным повышением давления на впуске за счет перетекания выхлопных газов, содержащих абразивные частицы, из выхлопной системы дефектного ряда через цилиндры на впуск.

Дальнейшие такты впуска для противоположного ряда тогда происходят с повышенным перепадом давления, вызывающем в момент перекрытия клапанов перетекание смеси воздуха и выхлопных газов через цилиндры в выхлопную систему. При этом через задние цилиндры противоположного ряда может проходить больше абразивной смеси за счет меньшего сопротивления для выхода этой смеси в выхлопную систему. Именно такая картина и наблюдается на представленных на экспертизу деталях, где самый задний цилиндр №4 имеет повышенный износ по сравнению с остальными цилиндрами этого ряда.

За подтверждение данной причины говорит и тот факт, что на всех поршнях дефектного ряда цилиндров верхние поршневые кольца полностью потеряли подвижность в канавках поршней. Кроме того, подвижность в канавках – полностью или частично, потеряли и верхние кольца противоположного ряда.

Этот эффект может быть связан с попаданием большого количества абразивных частиц, по размеру соизмеримых с зазором верхнего кольца в канавке (30-50 мкм), не снизу, со стороны картера двигателя, а сверху, со стороны камеры сгорания. Тогда **верхнее кольцо, заклинив в канавке, начинает беспрепятственно пропускать крупные абразивные частицы к среднему кольцу**, в зоне остановки которого в ВМТ и наблюдается максимальный износ цилиндра. Крупные частицы, проходя в зазор между поршнем и цилиндром, возможно, дополнительно дробятся и измельчаются, чем создаются благоприятные условия для их попадания в зону сопряжения среднего кольца с цилиндром. Кроме того, среднее кольцо не имеет твердого покрытия, что в присутствии абразива дает идеальные условия быстрого истирания (износа) и кольца, и ответной ему поверхности цилиндра. При этом, попадая в канавки средних колец, крупные частицы дают характерный вид износа с видимой даже невооруженным глазом эрозией торцевой поверхности средних колец (рис.10).

С другой стороны, верхнее кольцо имеет твердое покрытие, которое не может быть повреждено или быстро изношено частицами абразива. Поэтому, пока это кольцо полностью не заклинит в канавке поршня, оно препятствует проникновению сравнительно крупных частиц как ниже, к другим кольцам, так и к самой зоне трения кольца о поверхность цилиндра. Именно по этой причине цилиндры №№ 1, 2 и 3 оказались практически неизношенными – на их поршнях еще не произошло полного заклинивания верхних колец. При этом некоторый износ юбок поршней, средних и маслосъемных колец в этих цилиндрах связан, в основном, с вторичным поступлением продуктов износа из системы смазки двигателя.

Поэтому **именно тот факт, что на правой стороне двигателя на поршне № 4 имелось полностью заклиненное верхнее кольцо, и объясняет большой износ цилиндра № 4 по сравнению с другими цилиндрами этого ряда**. Именно в последнем цилиндре, наиболее близко расположенном к выхлопной системе, складываются условия для поступления из впускного коллектора наибольшего количества частиц по сравнению с

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



другими цилиндрами этого ряда. Поскольку верхнее кольцо раньше других заклинило именно в этом цилиндре, в нем и наблюдается наибольший износ, сопоставимый с износом цилиндров левого ряда. Судя по тому, что верхние кольца на поршнях №№ 1, 2 и 3 на момент осмотра уже имели сильно ограниченную подвижность в канавках поршней, вполне вероятно, что при дальнейшей эксплуатации двигателя заклинивание колец произошло бы и на оставшихся поршнях, что вызвало бы и в остальных цилиндрах аналогичный износ.

Такая картина была бы сомнительна, если в эту зону поступали бы продукты износа деталей, имеющие значительно меньший размер частиц. Напротив, сильный износ дисков масляных колец и юбок поршней в цилиндрах левого ряда и в цилиндре № 4 правого ряда вызывается исключительно продуктами истирания (износа) среднего кольца и цилиндра, а поступление абразива со стороны картера вместе с маслом имеет уже вторичный характер.

Тот факт, что поступление абразивных частиц происходило со стороны верхней части цилиндров, свидетельствует и износ поршневых пальцев. В наиболее изношенных цилиндрах износ пальцев заметно больше, чем в остальных. Причина этого заключена в том, что при образовании продуктов износа пар типа «цилиндр-поршневое кольцо» продукты износа через смазочные отверстия и канавки на поршне проникают к поверхностям сопряжения поршня и пальца, внедряясь в мягкую поверхность алюминиевого сплава поршня и вызывая сильный абразивный износ пальца, который тем больше, чем больше износ цилиндра и колец. Напротив, при поступлении абразивных частиц с маслом со стороны картера пальцы всех цилиндров имели бы более или менее одинаковую степень износа.

Другой вероятной причиной потери подвижности верхних колец может служить некачественное топливо, содержащее значительное количество смолистых веществ. Состояние канавок на поршнях, обнаруженное после демонтажа колец, косвенно подтверждает и эту причину. Так, смолы в топливе могли привести и к нарушению процесса сгорания, а также к появлению несгоревшего топлива, что и вызвало перегрев и разрушение катализатора левого ряда.

Как показывает практика, катализатор левого ряда мог быть поврежден в разные моменты времени. Известны случаи [5], когда автомобиль попадал в ремонт двигателя после разрушения одного из катализаторов, однако состояние катализаторов в процессе ремонта не проверялось, и после первого запуска отремонтированный двигатель почти сразу выходил из строя вследствие катастрофического износа ЦПГ, что наблюдается и в данном случае. Но известны и случаи, когда вполне работоспособный катализатор выходил из строя сразу после ремонта двигателя как по причине неполного сгорания топлива вследствие указанных выше ошибок, допущенных при ремонте (неправильная установка фаз газораспределения в данном ряду цилиндров, негерметичность клапанов в отдельных цилиндрах, вызывавшее в них пропуски воспламенения), так и вследствие первой после ремонта заправки автомобиля некачественным топливом.

К сожалению, представленные на экспертизу отдельные детали двигателя не позволяют ни абсолютно строго доказать, ни опровергнуть все выдвинутые экспертами-автотехниками версии, связанные с разрушением катализатора левого ряда цилиндров и его возможными причинами. Однако именно разрушение катализатора левого ряда цилиндров является наиболее вероятной причиной дефектов двигателя независимо от причин, вызвавших такое разрушение. Тем не менее, окончательное подтверждение или опровержение данной версии не представляется возможным по причине невозможности провести более подробные исследования других деталей и узлов двигателя и автомобиля,

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



в том числе, перечисленных выше головок блока цилиндров, коллекторов, катализаторов, проб масла и топлива и т.д.

**Вторая группа причин** связана с попаданием абразива непосредственно в масло. Эти причины могут быть следующими [1, 2, 3, 4]:

- 2.1. Некачественная очистка и мойка деталей перед сборкой, в результате которой в глухих полостях и отверстиях, а также на поверхностях деталей осталась грязь и абразивные частицы.
- 2.2. Аналогичная причина, если для очистки или обработки деталей использовались абразивные средства, которые не были удалены при мойке.
- 2.3. Интенсивный износ или разрушение одной или нескольких сопряженных пар в двигателе, в результате чего в масло поступает большое количество абразивных частиц.

Учитывая характер износа деталей и существенную разницу в износе по рядам цилиндров, следует исключить из рассмотрения причины №№ 2.1 и 2.2, поскольку они вызывают общий и достаточно равномерный износ по всем сопряженным деталям двигателя, при котором заметной разницы в износе по рядам цилиндров наблюдаться не будет. Однако причина №2.3 может вызвать при определенных условиях наблюдаемую разницу в износе.

Причина повышенного износа деталей ЦПГ одного ряда цилиндров может быть, в частности, вызвана расположением источника абразивных частиц внутри двигателя вблизи этого ряда. Обычно такой источник абразива образуется при дефектах какой-либо детали, значительно отличающейся по виду от других аналогичных деталей. Такой детали среди представленных на экспертизу не обнаружено, поэтому вопрос о ее наличии или отсутствии не может быть решен в рамках настоящего исследования.

Однако, как показано в литературе [2, 3], источником износа деталей может быть при определенных условиях нарушение условий смазки этих деталей. Так, существенное влияние на смазку деталей ЦПГ оказывает количество топлива, поступающее в цилиндры, а также полнота его сгорания. Избыток подаваемого топлива всегда вызывает, с одной стороны, конденсацию этого топлива на стенках цилиндров, а с другой стороны, различные нарушения сгорания, которые вызывают попадание несгоревшей части топлива в выхлопную систему. В результате топливо смывает масло со стенок цилиндров, что, согласно [2, 3], обуславливает ускоренный износ сопряженных деталей, а также способствует догоранию несгоревшего топлива в катализаторе, что приводит к указанному выше перегреву и разрушению катализатора.

Как показано в [2], степень износа и внешний вид деталей при нарушении подачи топлива и процесса его горения близок к тому, что получается при чисто абразивном износе. За счет разжижения масла на стенках цилиндров происходит значительное утоньшение масляной пленки, в результате чего детали начинают соприкасаться по микронеровностям, возникают микрорадиры и схватывания на поверхностях, что визуально выглядит как абразивный износ. Однако с развитием во времени этого процесса в масле появляются твердые частицы износа, которые поступают в зону сопряжения деталей, значительно ускоряя износ и делая его скорее абразивным, нежели обусловленным недостатком смазки.

Указанный процесс, как показывает практика, может возникнуть, к примеру, только в одном ряду цилиндров V-образного двигателя. Основной причиной этого является неправильная установка фаз газораспределения, когда в дефектном ряду цилиндров фазы ошибочно поставлены с чрезмерно большим перекрытием клапанов либо с большим

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



запаздыванием. В таком случае во всех цилиндрах этого ряда будет наблюдаться ускоренный износ деталей с образованием абразивных частиц, забросом лишнего топлива во впускной коллектор и поступление его в противоположный ряд цилиндров. Кроме того, попадание продуктов износа в масло будет вызывать ускоренный износ деталей не только данного ряда, но и противоположного, хотя и в меньшей степени. При этом возможна неустойчивая работа двигателя, включая "обратные вспышки" и "хлопки", характеризующиеся реверсивным движением газоздушных масс по трубопроводам, подхватом твердых частиц со стенок трубопроводов, включая и выхлопную систему, и поступление их в цилиндры. Все эти признаки также вполне соответствуют тому, что видно на блоке цилиндров и сопряженных деталях.

Еще одна возможная причина дефекта двигателя может быть также связана с применением некачественного масла, которое может вызвать закоксовывание колец в канавках поршней. Такие случаи известны из практики, при этом подвижность в канавках поршней теряют в первую очередь верхние кольца по причине более высокой температуры в канавке, способствующей загустеванию масла. Одновременно заклинивание верхних колец в канавках приводит к резкому возрастанию давления средних колец на стенку цилиндра.

Учитывая тот факт, что средние кольца не имеют покрытия и не могут работать при высоких удельных давлениях на стенку цилиндра, неработоспособность верхних колец может привести к значительному износу и самих средних колец, и цилиндров именно в зоне остановки средних колец в ВМТ. При этом разница в степени износа цилиндров может быть связана с разными моментами времени, в которые верхние кольца различных цилиндров теряли подвижность, что зависит от сочетания самых различных факторов, начиная от разницы в зазорах в канавках поршней и кончая разницей в составе смеси и температуры газов в противоположных рядах цилиндров. Именно такая картина и наблюдается на представленных деталях.

Тем не менее, строго утверждать о том, что причина дефекта двигателя связана именно с этим, не представляется возможным, поскольку для этого необходимы не отдельные детали, а двигатель в сборе, в то время как представленные на экспертизу детали не позволяют ни строго доказать, ни полностью опровергнуть какую либо из перечисленных версий.

**Последняя из рассматриваемых версий** причины дефекта двигателя выдвинута устно представителем заказчика. Согласно его версии, при ремонте блока использованы некачественные гильзы, что и вызвало наблюдаемый износ деталей двигателя.

Однако вся практика моторного ремонта, а также данные литературы [1, 2, 3] не подтверждают этого предположения. Так, в случае каких-то отклонений либо в материале гильз, либо в микропрофиле их поверхности, получаемом в результате ремонта, ускоренному износу подвергаются все поршневые кольца и, в первую очередь, верхние, поскольку испытывают наибольшие нагрузки от давления газов при сгорании, во много раз превышающие нагрузки на средние и маслосъемные кольца. При этом заклинивания верхних колец в канавках не происходит за счет очень малого размера продуктов износа, образующихся в зоне остановки в ВМТ верхнего кольца, а максимальный износ всегда наблюдается именно в этой зоне, а также в средней части цилиндра, но никак не в зоне остановки в ВМТ среднего кольца (рис.15).

Кроме того, нарушения в технологии ремонта цилиндров [6, 7, 8, 9, 10], как правило, вызывают сравнительно равномерный износ всех деталей либо, что крайне редко, износ только отдельных цилиндров, имеющих явно выраженные дефекты обработки, причем расположение таких цилиндров в двигателе имеет случайный (хаотичный) характер. В

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



данном же случае никаких дефектов обработки поверхности цилиндров не обнаружено, зато хорошо просматриваются закономерности расположения не только наиболее изношенных цилиндров (весь левый ряд), но также и вполне определенный характер износа их деталей.

Таким образом, причинно-следственная связь между характером дефектов двигателя и возможным дефектом ремонта блока цилиндров отсутствует. Вследствие этого версия о дефекте материала гильз представляется экспертам-автотехникам необоснованной и не подтверждаемой не только полученными при исследованиях фактами, но и всей многолетней ремонтной практикой.

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



### Выводы

1. Блок цилиндров и детали шатунно-поршневой группы имеют следы явно выраженного абразивного износа, причем источник поступления абразивных частиц в двигатель располагался по левому ряду цилиндров.
2. Наиболее вероятной причиной указанных дефектов является разрушение левого катализатора выхлопной системы автомобиля с образованием и поступлением в цилиндры двигателя большого количества крупных абразивных частиц – продуктов разрушения. Менее вероятными, но в целом возможными причинами дефекта могут быть поступление избыточного количества топлива в цилиндры левого ряда или применение для двигателя некачественного топлива и/или моторного масла.
3. Наиболее вероятными причинами, которые могли вызвать данный дефект, является разрушение катализатора, произошедшее еще до ремонта двигателя, но не проконтролированное в процессе ремонта, в результате чего автомобиль был выпущен из ремонта с неисправным левым катализатором. Возможно также разрушение этого катализатора в результате ошибок в установке фаз газораспределения левого ряда цилиндров при сборке двигателя, а также вследствие неплотного прилегания клапанов левой головки блока цилиндров к седлам, вызвавшего поступление несгоревшего топлива в катализатор, его догорание там, перегрев и разрушение катализатора. Представляется также вероятным разрушение левого катализатора в результате заправки автомобиля сразу после ремонта некачественным топливом. Также вероятными причинами могут быть связанные как с указанными выше ошибками при сборке двигателя, так и с применением некачественного топлива неполное сгорание и поступление избыточного количества топлива в цилиндры левого ряда, вызвавшее неустойчивую работу цилиндров левого ряда с реверсивным движением газовой смеси, подхватом твердых частиц со стенок трубопроводов и поступлением их в цилиндр, а также смывание топливом со стенок цилиндров масляной пленки и ускоренный износ трущихся пар.
4. Данный дефект двигателя не может являться следствием нарушения технологий ремонта блока цилиндров, поскольку это противоречит имеющимся фактам.
5. В связи с непредставлением заказчиком или его представителем для исследования двигателя в сборе, а также автомобиля с установленной на него выхлопной системой, точное установление причины дефекта двигателя в настоящее время не представляется возможным.

Эксперт-автотехник,

Ген. директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг". \_\_\_\_\_ А.Э.Хрулев

Эксперт-автотехник,

Техн. директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг". \_\_\_\_\_ П.С.Горелик

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



ПРИЛОЖЕНИЕ.

Иллюстрации к Заключению специалистов № 01/07 от 7 июля 2006г.



Рис.1. Блок цилиндров двигателя М60, подготовленный к осмотру автотехниками.



Рис.2. Максимальный износ на поверхности цилиндров располагается в зоне остановки в ВМТ 2-го кольца (Б). В зоне остановки верхнего кольца (А) износа не обнаружено.



**Рис.3.** Многочисленные риски, свидетельствующие об абразивном износе деталей, присутствуют на всех цилиндрах, но больше всего на цилиндрах левого ряда.



**Рис.4.** Типичный абразивный износ юбки поршня.



**Рис.5. Износ поверхности огневого пояса поршня. Видны многочисленные риски и вкрапления абразивных частиц.**



**Рис.6. Заклинивание верхнего поршневого кольца в канавке поршня.**



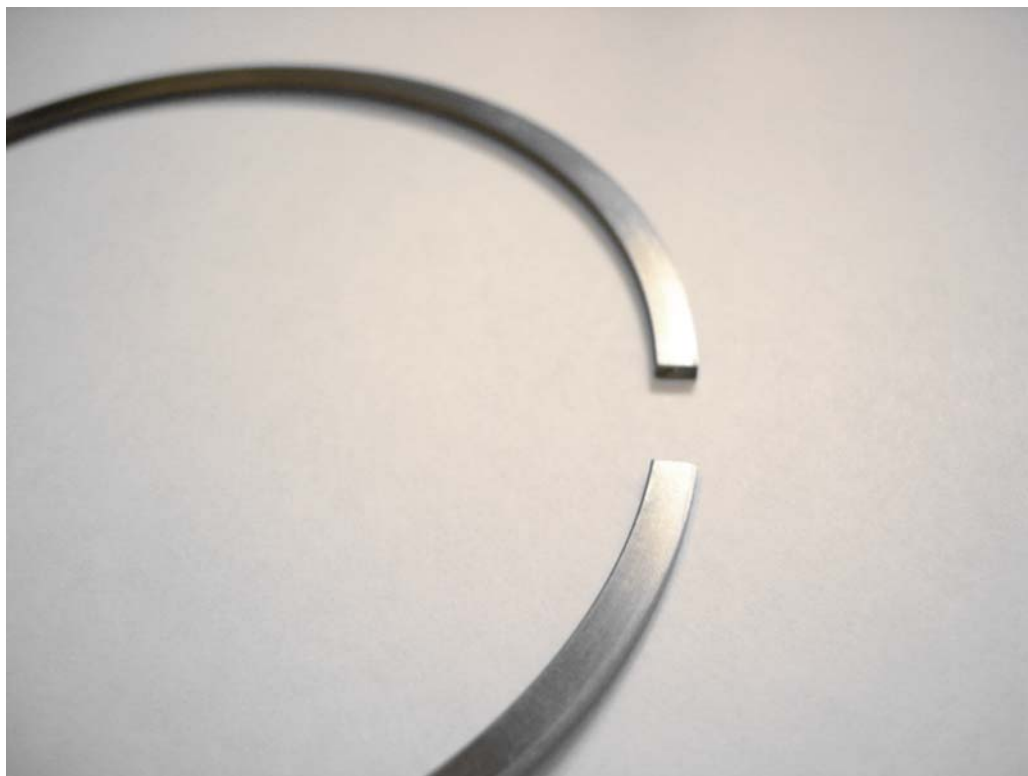
**Рис.7.** Все маслосъемные кольца потеряли подвижность в канавках и располагаются заподлицо с поверхностью юбки поршня.



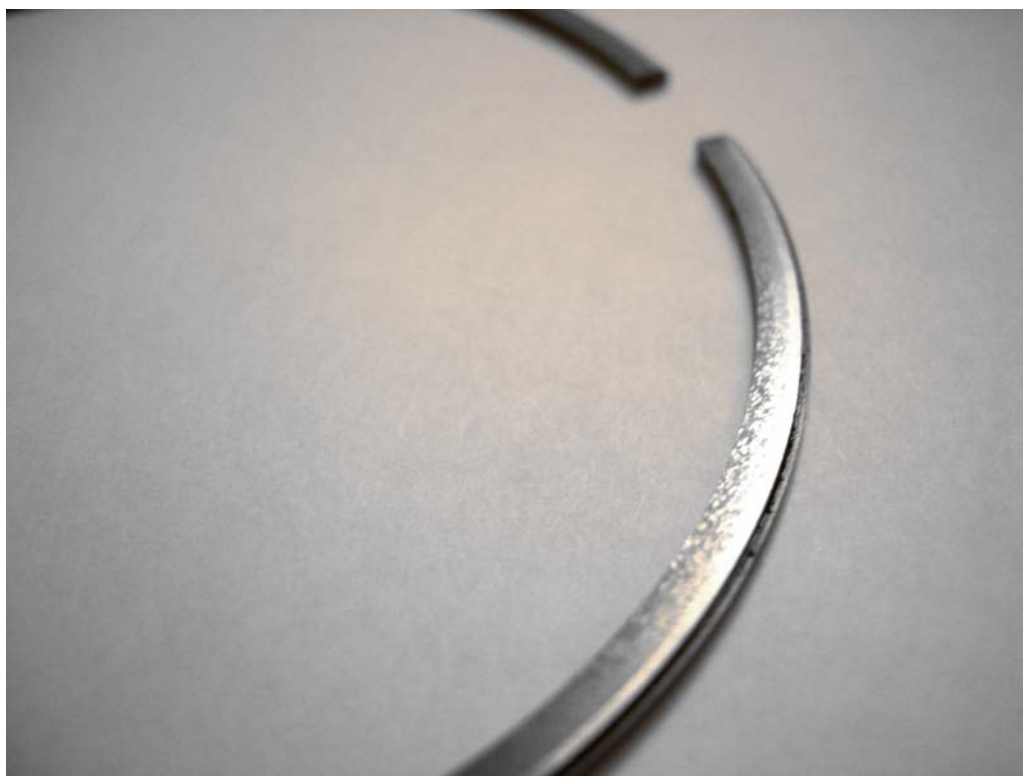
**Рис.8.** Характерная "мазь", обнаруженная в верхних канавках поршней, свидетельствует о попадании абразивных частиц в цилиндры.

Специализированный моторный центр (СМЦ) "АБ-Инжиниринг"  
**БЮРО МОТОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Москва, Балтийская, 13, корп. 30, тел./факс (495) 787-3212, E-mail: [ab-engine@alo.ru](mailto:ab-engine@alo.ru)



**Рис.9.** Заклиненное в канавке вследствие попадания абразива верхнее кольцо не работало, поэтому на его торцевых поверхностях нет никаких следов не только износа, но и работы.



**Рис.10.** Абразивный износ торцевых поверхностей среднего кольца – видно, насколько крупные частицы попадали в зазор между кольцом и канавкой.



Рис.11. Износ поршневого пальца, вызванный поступлением абразива.

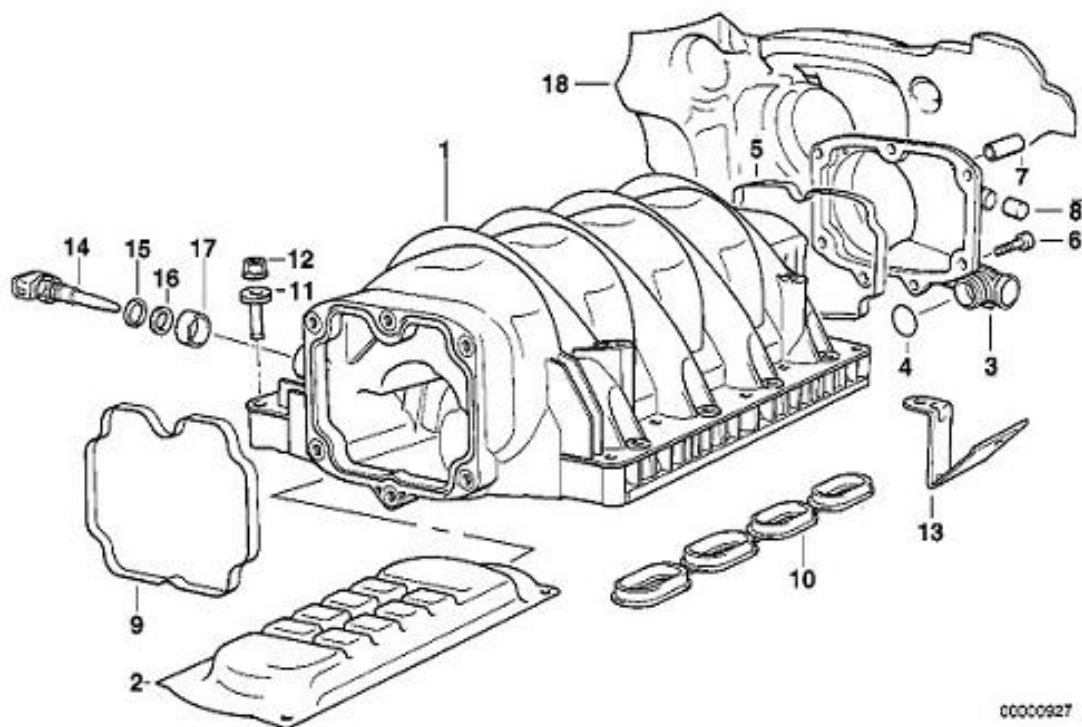


Рис. 12. Конструкция впускного коллектора (ресивера) двигателя М60.

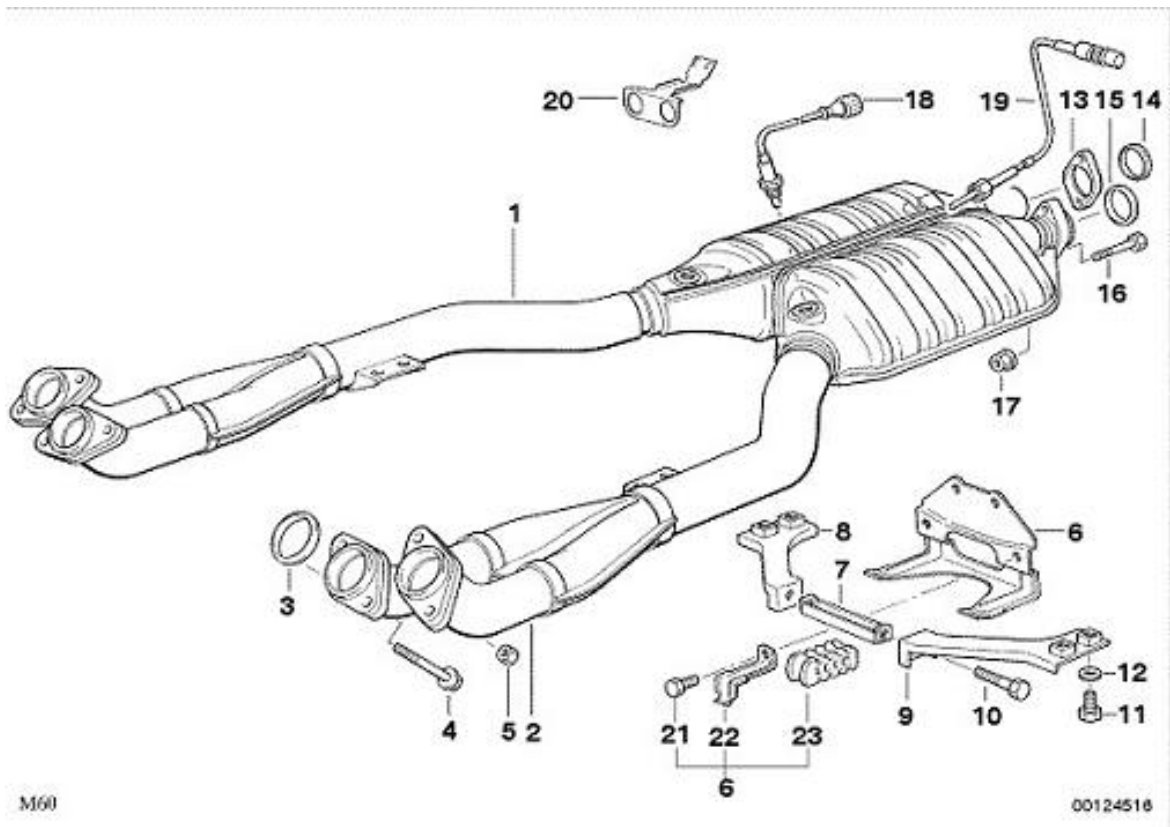


Рис. 13. Конструкция выпускной системы двигателя М60 и автомобиля BMW.



Рис.14. Схема, иллюстрирующая перетекание абразивных частиц от разрушенного катализатора вначале в цилиндры одного ряда, а затем через впускной коллектор в цилиндры другого ряда.

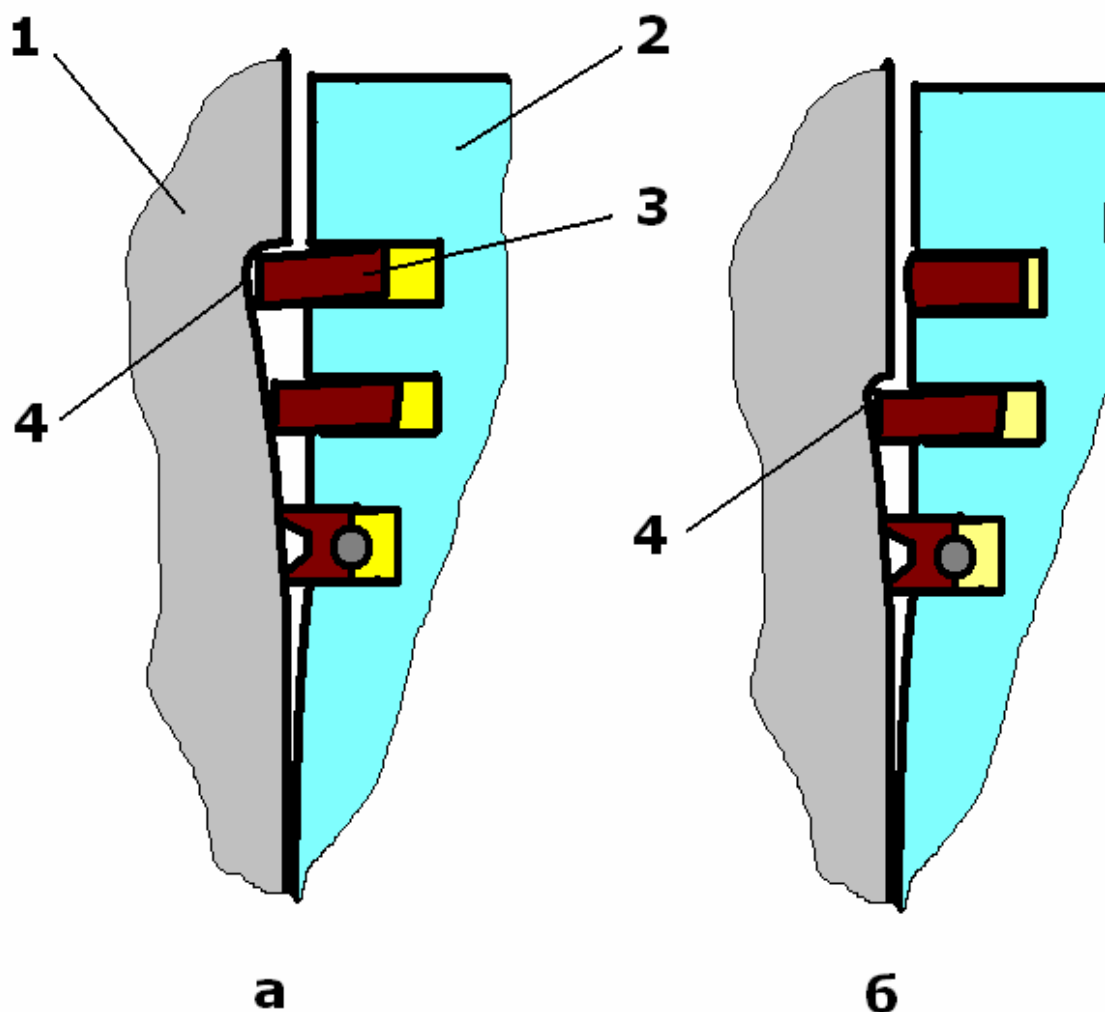


Рис.15. При износе, характерном для подавляющего большинства известных из практики случаев максимальный износ наблюдается вблизи ВМТ в паре "цилиндр-верхнее поршневое кольцо" вследствие максимальных удельных давлений на поверхность цилиндра (а). В исследуемом случае попадание крупных абразивных частиц в цилиндр вызвало заклинивание верхних колец в канавках поршня и износ в паре "цилиндр-среднее кольцо" (б):

1 – цилиндр, 2 – поршень, 3 – верхнее кольцо, 4 – зона максимального износа.