

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Высшая школа энергетического машиностроения

Индекс УДК 621.43
№ государственной
регистрации _____
Инвентарный № _____



УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе

/Сергеев В.В./

«03» декабря 2019 г.

О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе

Исследование свойств нанокompозита Amortect PROOF на базе моторных
стендовых испытаний дизельных и бензиновых автомобильных двигателей
(наименование темы)

Анализ влияния обработки двигателя нанокompозитом Amortect PROOF
на устойчивость работы двигателя в аварийной ситуации
(наименование отчета)

Шифр темы / № работы 143248901

Руководитель темы,
к.т.н., доц.

Шабанов А.Ю.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

Список исполнителей:

Шабанов А.Ю., к.т.н., доцент - ответственный исполнитель работы

Зайцев А.Б., к.т.н., доцент

Сидоров А.А., к.т.н., доцент

Содержание работы

	Стр.
1. Цель проведения работы	4
2. Объект испытаний	4
3. Методика проведения испытаний	4
4. Результаты испытаний	5
4.1 Результаты базового цикла испытаний	5
4.2 Результаты испытаний двигателя, обработанного нанокompозитом Amortect PROOF	6
5. Выводы по результатам испытаний	8
Приложение 1. Фотоотчет по результатам базового цикла испытаний	9
Приложение 2. Фотоотчет по результатам испытаний двигателя, обработанного нанокompозитом Amortect PROOF	12-14

1. Цель проведения работы

Целью проведения настоящего фрагмента работы являлась объективная оценка влияния обработки двигателя нанокompозитом Amortect PROOF на показатели надежности работы двигателя в условиях аварии системы смазывания (потери масла в двигателе).

С практической точки зрения, полученные результаты иллюстрируют возможный алгоритм действий водителя транспортного средства в аварийной ситуации, гарантирующий минимизацию ущерба для силовой установки транспортного средства и затрат на последующее восстановление двигателя.

2. Объект испытаний

В качестве объекта испытаний были выбраны два идентичных автомобильных бензиновых двигателя ВАЗ-21083.

Перед проведением испытаний двигатели были разобраны, дефектованы, собраны с использованием нового комплекта деталей (поршневой группы, вкладышей подшипников коленчатого вала).

При начальной обкатке двигателей использовалось синтетическое моторное масло ROLF 3Synthetic 5W-30.

3. Методика проведения испытаний

В процессе испытаний моделировалась аварийная ситуация, при которой двигателем внезапно, в процессе его работы, теряется весь запас моторного масла (например, разрушение масляного поддона либо полное разрушение сальников коленчатого вала). Анализировалось время возможной работы двигателя до его аварийной остановки, режим, на котором произошла аварийная остановка, а также характер дефекта и необходимый объем дальнейших восстановительных работ.

Для реализации поставленных задач, для каждого образца двигателя последовательно были выполнены следующие операции:

- Начальная дефектация, сборка двигателя на новом комплекте деталей, установка на стенд;

- Обкатка двигателей по аналогичной программе в течение 15 моточасов – первого на обкаточном масле, второго – на обкаточном масле с добавлением нанокompозита Amortect PROOF . Смена моторного масла и масляного фильтра;

- Аварийные испытания двигателей по следующей процедуре;

- Заправка двигателя свежим маслом. Обработка одного из них нанокompозитом Amortect PROOF по инструкции производителя;

- Пуск-прогрев двигателя, наработка на нем 120 мин на фиксированном режиме;

- Слив моторного масла на работающем двигателе. При этом моделируется аварийная ситуация, вызванная разрушением масляного поддона;

- Нарботка на режиме $n=1000$ об/мин 5 мин. В случае отсутствия аварии – повышение частоты вращения коленчатого вала до 1500 об/мин. Нарботка на режиме 5 мин. В случае отсутствия аварии – дальнейшее повышение частоты вращения коленчатого вала на 500 об/мин с наработкой двигателя на режиме вплоть до возникновения аварии;

- Разборка двигателей, дефектация;

- Анализ степени поврежденности двигателя. При наличии незначительных дефектов, не препятствующих дальнейшей эксплуатации двигателя, повторная сборка двигателя без замены деталей, установка на стенд, заливка моторного масла и проверка его работоспособности (замер компрессии по цилиндрам, запуск и контрольная наработка заданного времени).

Весь процесс испытаний фиксировался с помощью видеосъемки.

4. Результаты испытаний

4.1 Результаты базового цикла испытаний

Ниже, в табл.1, сведен протокол испытаний базового варианта двигателя на аварийном режиме.

Таблица 1. Протокол испытаний базового варианта двигателя при работе на аварийном режиме

Режим, n, об/мин	Время испытаний, мин	Описание работы двигателя
1000	0-5	Без замечаний
1500	5-10	Без замечаний
2000	10-15	Колебания частоты вращения кол. вала +/- 150 об/мин, появление дыма из сливного отверстия масляного поддона
2500	15-20	Колебания частоты вращения кол. вала +/- 150 об/мин, дым из сливного отверстия масляного поддона, нехарактерные звуки
3000	20-25	Колебания частоты вращения кол. вала +/- 150 об/мин, дым из сливного отверстия масляного поддона, нехарактерные звуки
3200	25-27	Аварийная остановка двигателя

При разборке двигателя выявлена причина аварии – проворот вкладышей шатунного подшипника второго цилиндра двигателя. Вкладыши приварены к рабочей поверхности шатунной шейки коленчатого вала. На рабочих поверхностях других подшипников наблюдаются четко выраженные следы износа и повреждений в виде глубоких рисок (см. фотоотчет в Приложении №1).

Дальнейшая эксплуатация двигателя невозможна. Требуется капитальный ремонт с заменой коленчатого вала, вкладышей подшипников, шатуна второго цилиндра.

4.2 Результаты испытаний двигателя, обработанного нанокompозитом Amortect PROOF

Протоколы испытаний двигателя, обработанного нанокompозитом Amortect PROOF, сведены в табл. 2.

Таблица 2. Протокол испытаний варианта двигателя после его обработки нанокompозитом Amortect PROOF при работе на аварийном режиме

Первая стадия испытаний		
Режим, n, об/мин	Время испытаний, мин	Описание работы двигателя
1000	0-5	Без замечаний
1500	5-10	Без замечаний
2000	10-15	Без замечаний
2500	15-20	Без замечаний
3000	20-25	Без замечаний
3500	25-30	Без замечаний
4000	30-40	Без замечаний. Двигатель остановлен для проведения работ по дефектации и последующего продолжения испытаний
Двигатель разобран, продефектован. В процессе дефектации выявлено наличие следов ускоренного износа на рабочих поверхностях подшипников коленчатого вала. Дефектов, недопустимых для дальнейшей эксплуатации двигателя, не выявлено. Двигатель был собран без замены деталей, установлен на стенд для продолжения испытаний.		
Вторая стадия испытаний		
Режим, n, об/мин	Время испытаний, мин	Описание работы двигателя
1000	0-5	Без замечаний
1500	5-10	Без замечаний
2000	10-15	Колебания частоты вращения коленчатого вала +/- 150 об/мин
2500	15-18	Аварийная остановка

При разборке двигателя выявлена причина аварийной остановки – уменьшение рабочего зазора между цилиндром и нижней частью тронков поршней из-за недостаточного охлаждения деталей цилиндропоршневой группы. Об этом свидетельствуют характерные натирсы на рабочей поверхности тронков поршней. Факта задира поршней и подшипников коленчатого вала не обнаружено. На рабочих поверхностях вкладышей подшипников имеются риски износа сравнительно небольшой глубины.

После повторной сборки без замены деталей двигатель был установлен на стенд, в него было залито моторное масло с добавкой нанокompозита Amortect PROOF, проведен замер компрессии по цилиндрам. Результаты замера компрессии сведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты замера компрессии по цилиндрам двигателя, проведенные по окончании цикла аварийных испытаний двигателя, обработанного нанокompозитом Amortect PROOF

Замеренная величина давления конца сжатия, бар			
Цилиндр 1	Цилиндр 2	Цилиндр 3	Цилиндр 4
12,2	10,7	13,8	13,5

Данные замеров компрессии свидетельствуют о работоспособном состоянии двигателя.

Контрольный запуск двигателя и его длительная работа на заданных режимах подтвердила его работоспособность.

5. Выводы по результатам испытаний

Таким образом, на основании анализа результатов проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

- Обработка двигателя нанокompозитом Amortect PROOF обеспечила повышение его живучести в аварийных ситуациях, связанных с нарушением работы системы смазывания двигателя либо потерей масла из-за разрушения каких-либо деталей и узлов мотора. Аварийная остановка исследуемого двигателя была вызвана натирами в цилиндропоршневой группе, вызвавшими резкий рост потерь трения из-за недостаточности охлаждения этого узла двигателя при отсутствии масляной пленки в зазорах ЦПГ. Данный дефект является достаточно мягким, в отличие от дефекта, выявленного при аналогичных испытаниях базового образца двигателя (заклинивание подшипников коленчатого вала с проворотом вкладышей), требующего проведения капитального ремонта для его устранения;

- После обработки двигателя нанокompозитом Amortect PROOF допускается кратковременная работа двигателя на аварийных режимах с частотой вращения 1500...2000 об/мин, что достаточно для движения автомобиля со скоростью 30...40 км/час. При этом, после устранения аварии системы смазывания и заправки мотора моторным маслом двигатель сохраняет работоспособность без проведения каких-либо ремонтных воздействий, связанных с заменой деталей или узлов двигателя.

Приложение 1.

Фотоотчет по результатам базового цикла испытаний

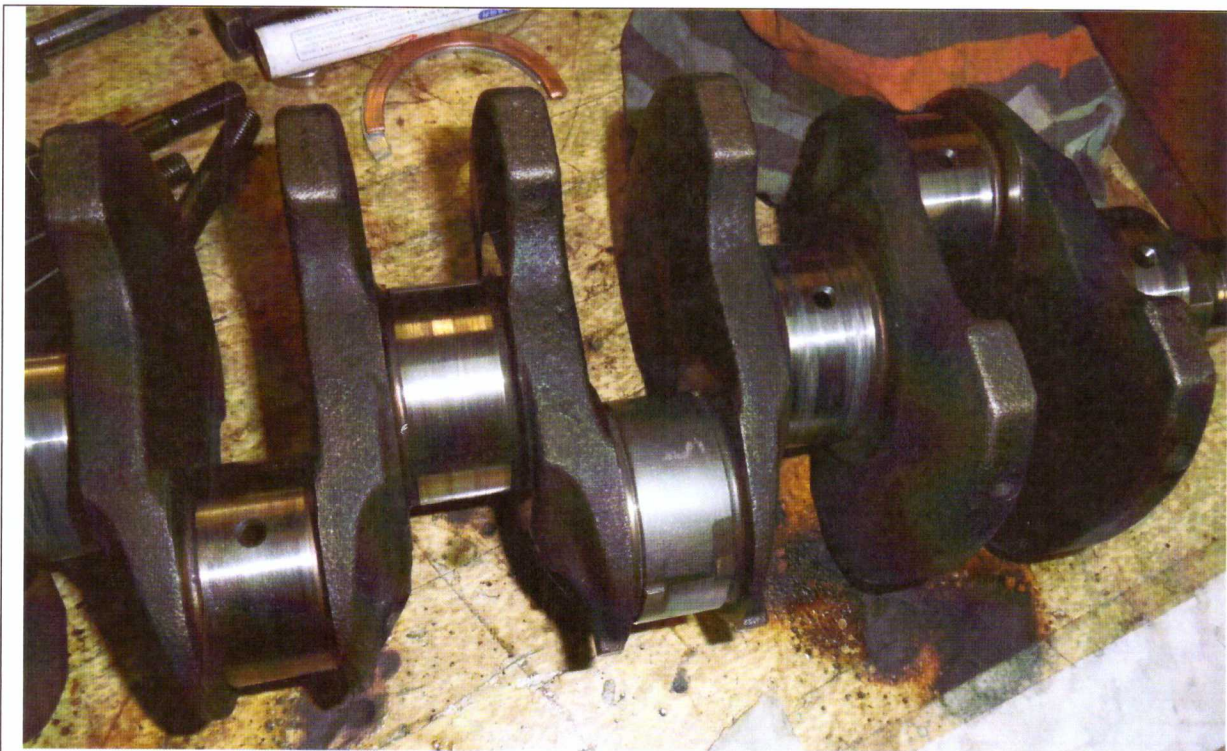


Рис. П1-1. Общий вид шеек коленчатого вала двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.



Рис. П1-2. Общий вид боковых поверхностей поршней двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.

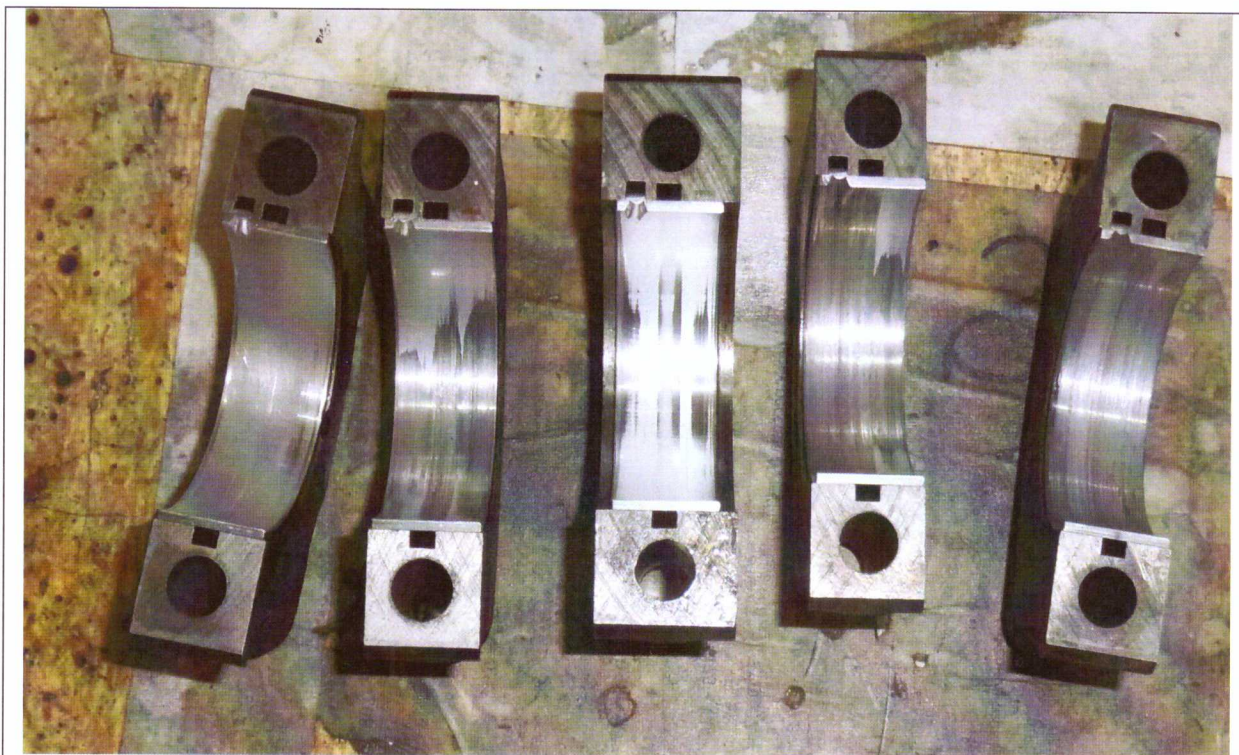


Рис. П1-3. Общий вид рабочих поверхностей нижних вкладышей коренных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.

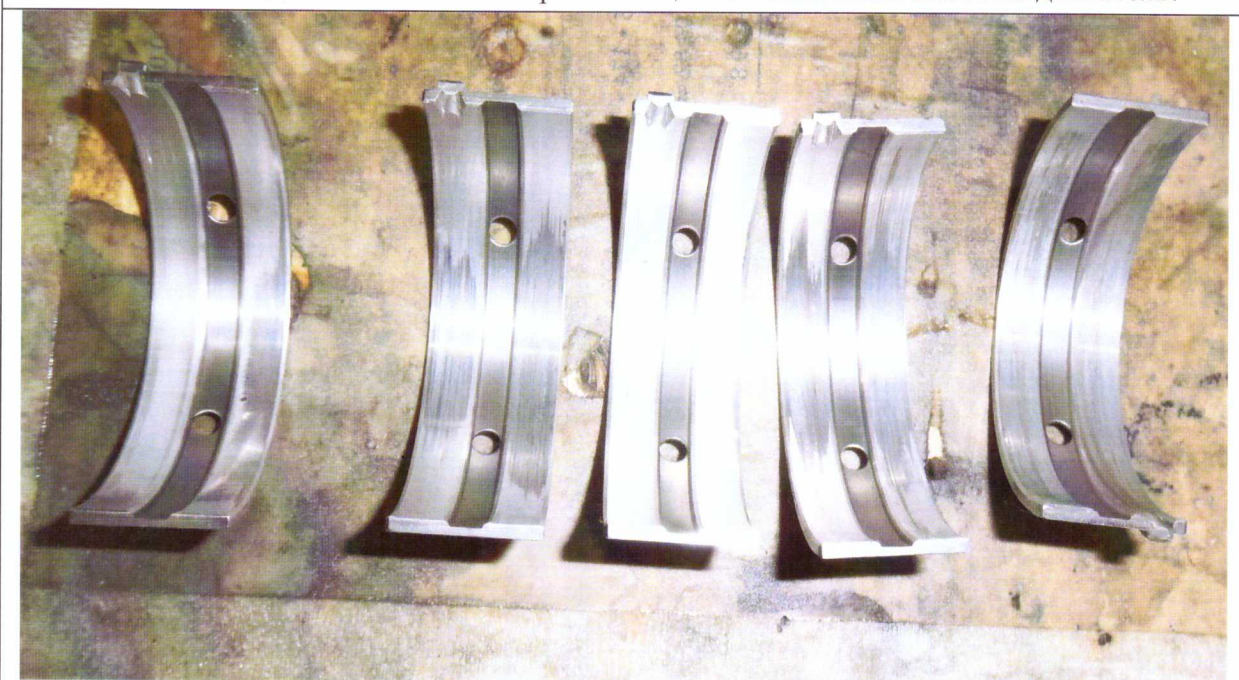


Рис. П1-4. Общий вид рабочих поверхностей верхних вкладышей коренных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.

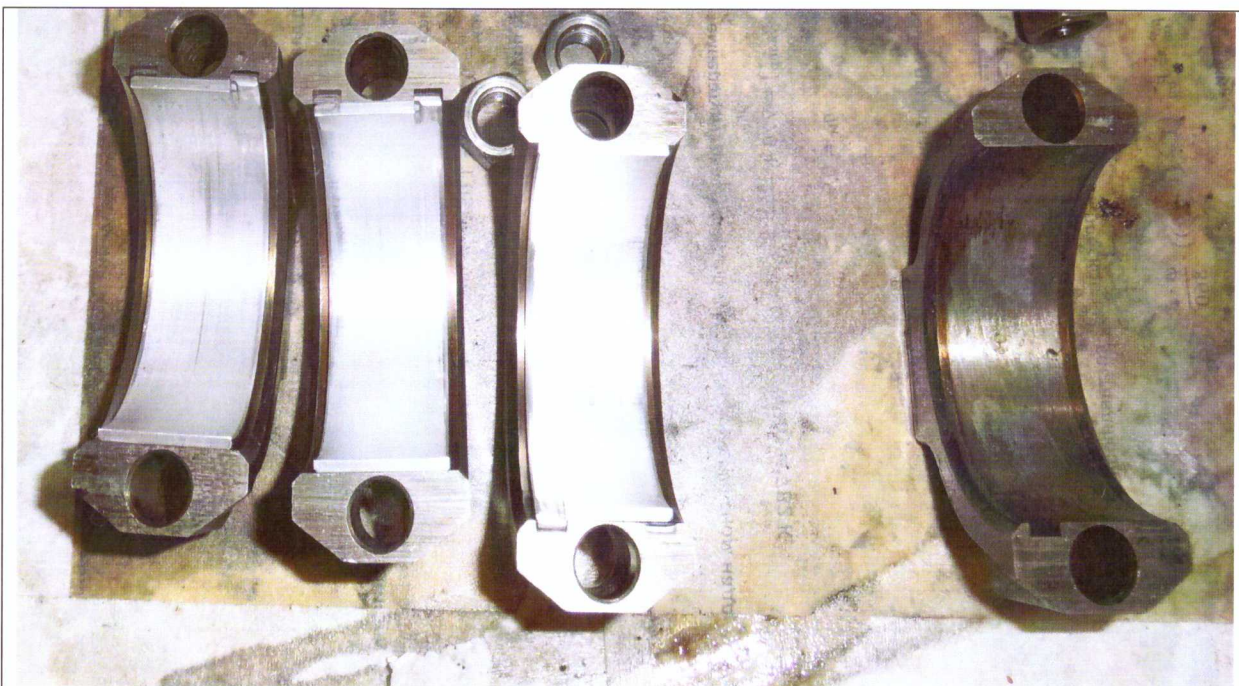


Рис. П1-5. Общий вид рабочих поверхностей нижних вкладышей шатунных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.

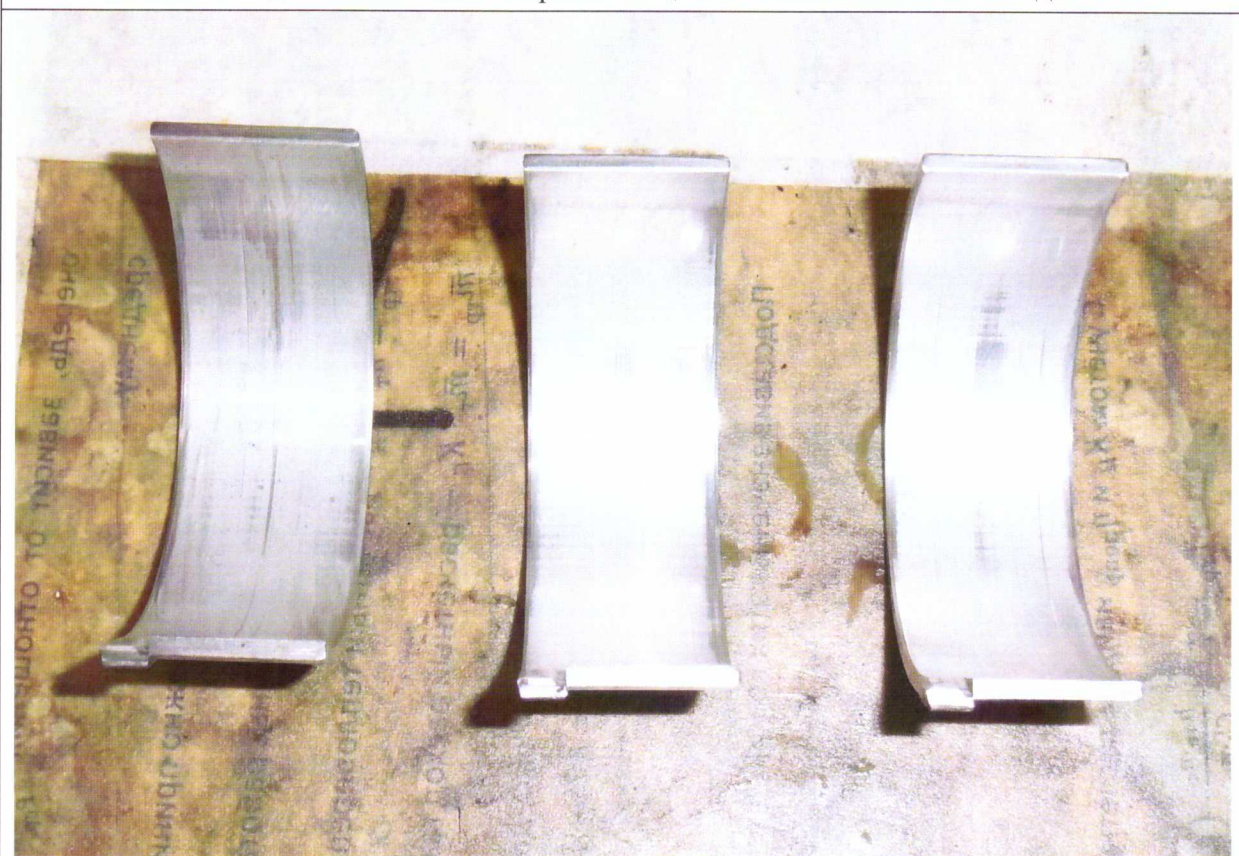


Рис. П1-6. Общий вид рабочих поверхностей верхних вкладышей шатунных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Базовый двигатель.

Приложение 2.
**Фотоотчет по результатам испытаний двигателя, обработанного
наноккомпозитом Amortect PROOF**

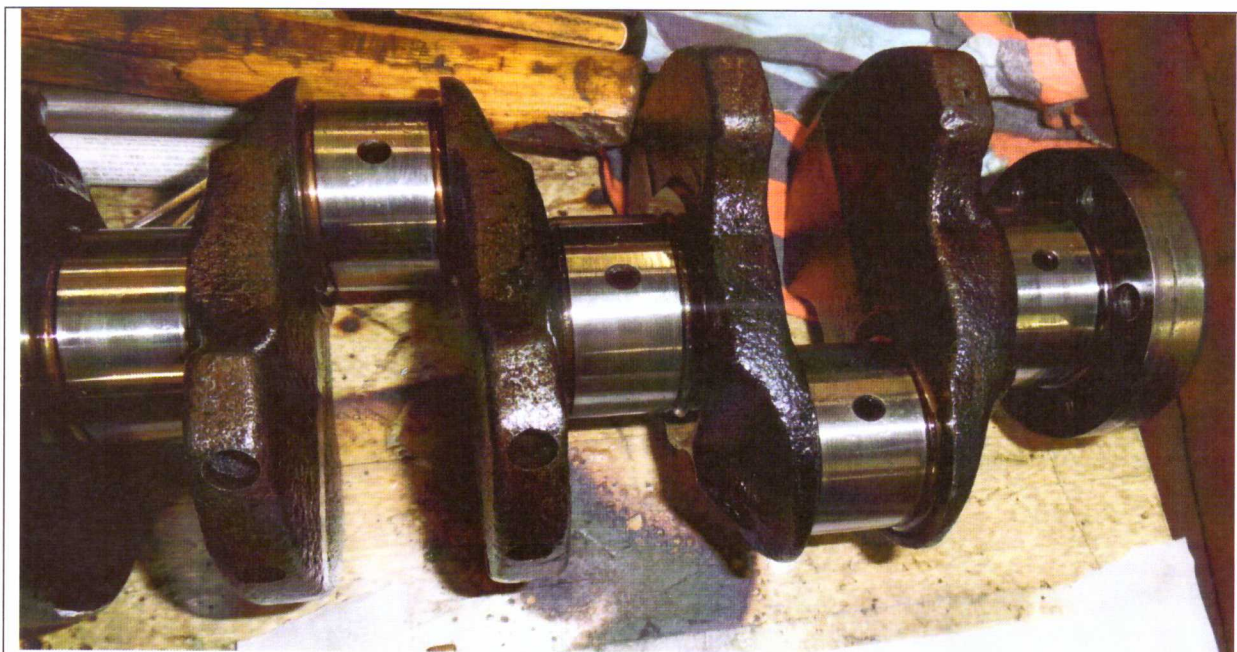


Рис. П2-1. Общий вид шеек коленчатого вала двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный наноккомпозитом Amortect PROOF.



Рис. П2-2. Общий вид боковых поверхностей поршней двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный наноккомпозитом Amortect PROOF.

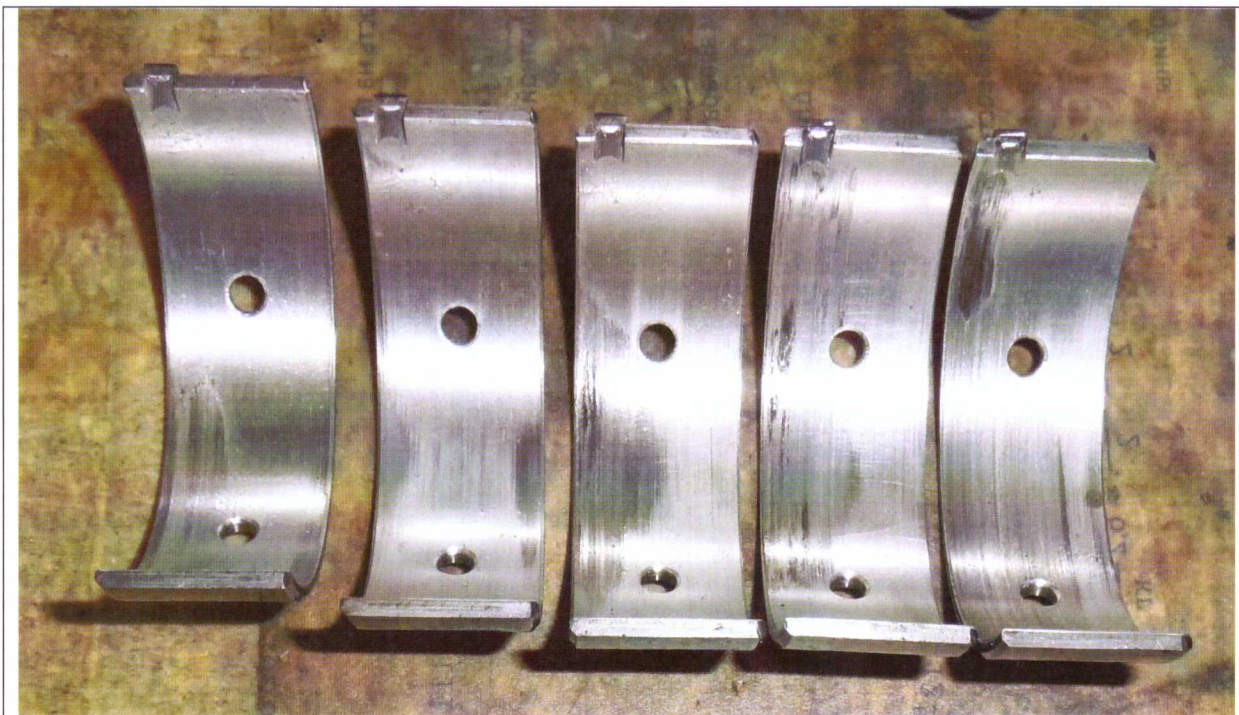


Рис. П2-3. Общий вид рабочих поверхностей нижних вкладышей коренных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный нанокompозитом Amortect PROOF.

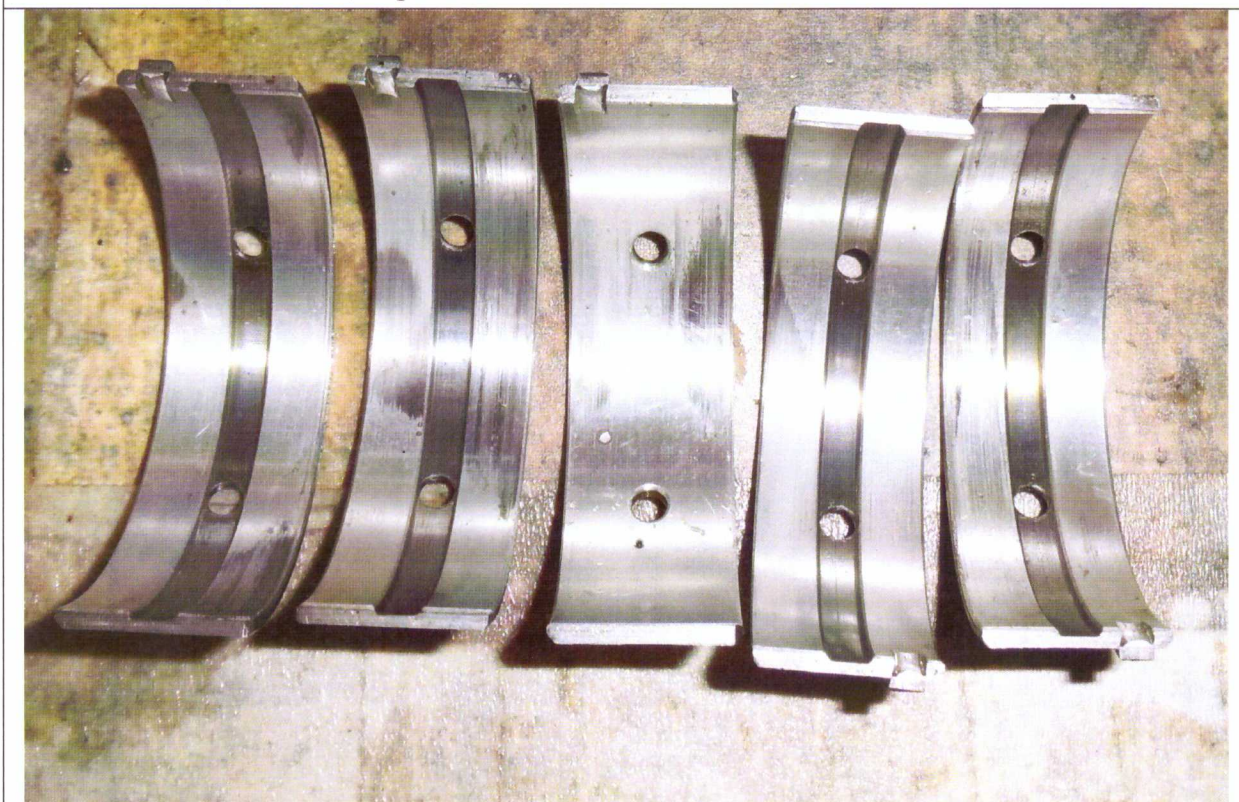


Рис. П2-4. Общий вид рабочих поверхностей верхних вкладышей коренных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный нанокompозитом Amortect PROOF.

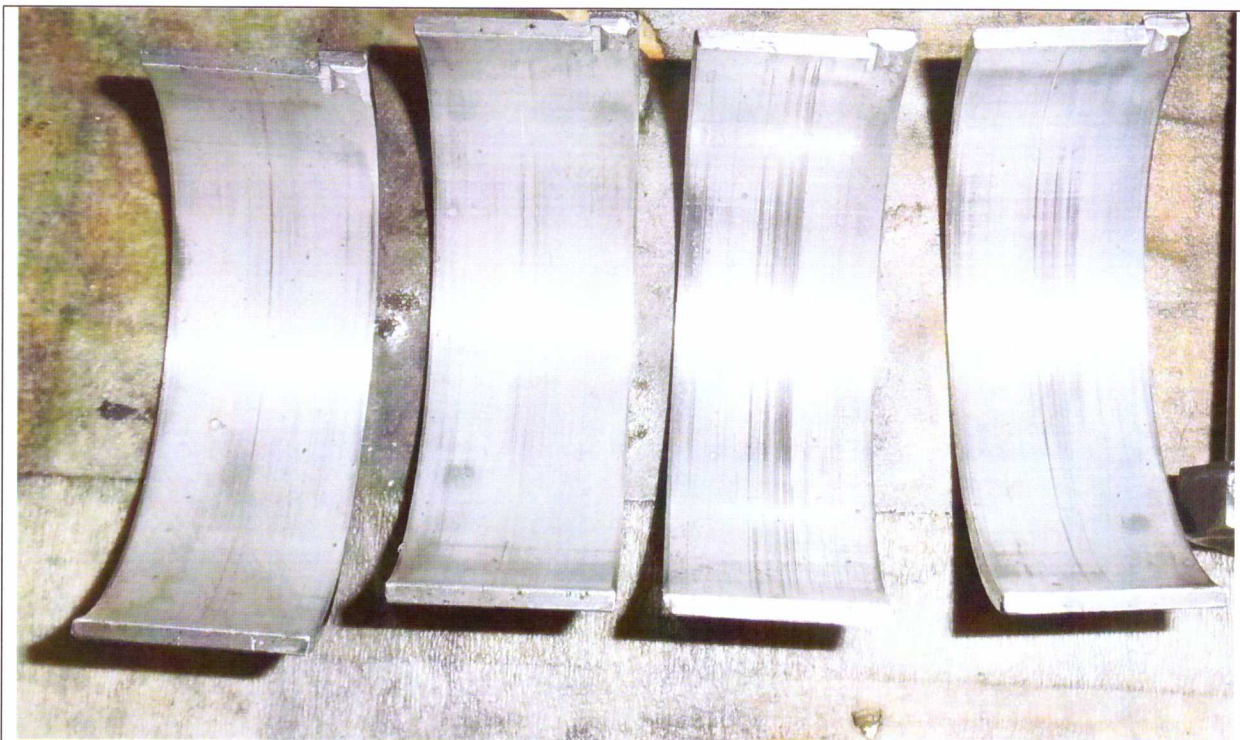


Рис. П2-5. Общий вид рабочих поверхностей нижних вкладышей шатунных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный нанокompозитом Amortect PROOF.

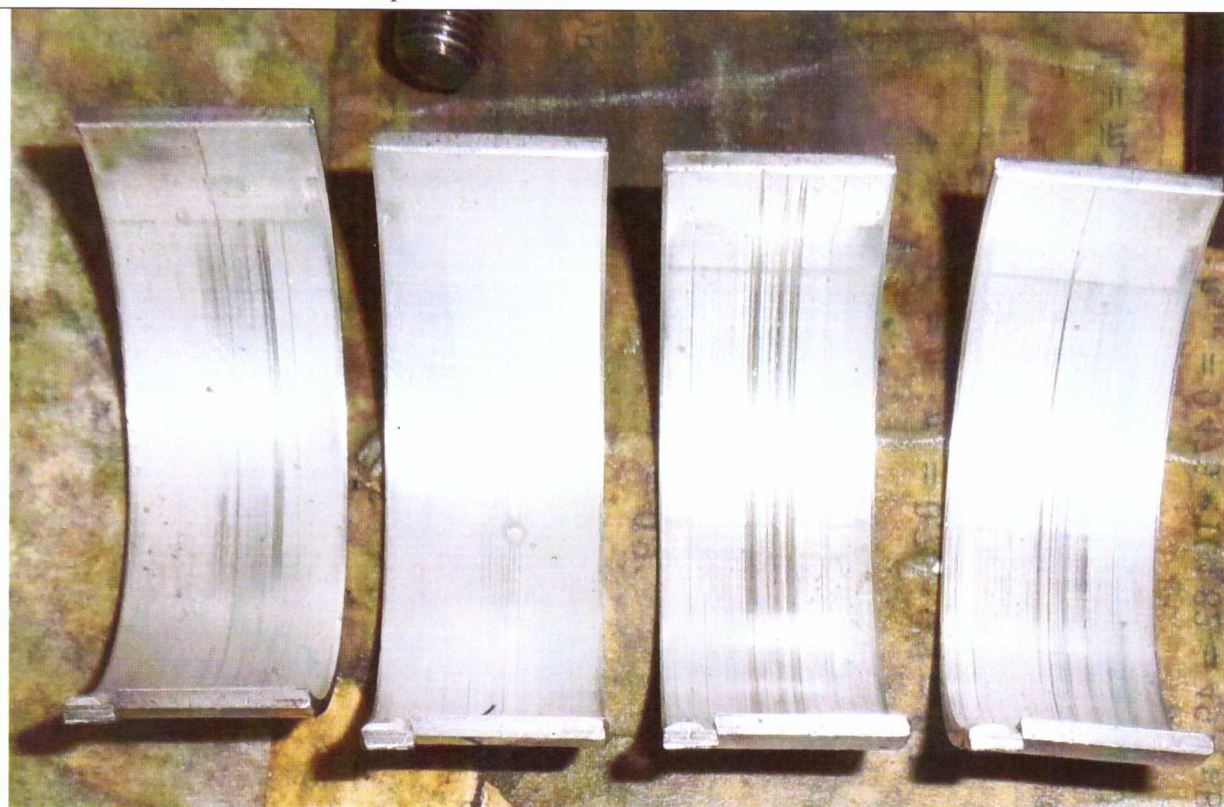


Рис. П2-6. Общий вид рабочих поверхностей верхних вкладышей шатунных подшипников двигателя после аварийного цикла испытаний. Двигатель, обработанный нанокompозитом Amortect PROOF.