

Федеральное автономное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого»

Институт энергетики и транспортных систем
Кафедра «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор на научной работе

_____ В.В. Сергеев

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

«Экспериментальное исследование влияния добавки в
моторное масло «RESURS NEXT» на технико-экономические
и экологические показатели автомобильных двигателей, а
также оценка возможности восстановления изношенных
деталей с помощью обработки двигателя вышеуказанной
добавкой»

Руководитель испытаний

_____ Шабанов А.Ю.

Санкт-Петербург
2017

Список исполнителей:

Шабанов А.Ю., к.т.н., профессор - ответственный исполнитель работы, аттестат компетентности эксперта № РОСС RU.И480.04ХД.Э006, действителен по 31.12.2017

Зайцев А.Б., к.т.н., доцент

Сидоров А.А., к.т.н., доцент

РЕФЕРАТ

Отчет 92 с., 53 рис., 37 табл., 1 приложение

БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, БЕЗРАЗБОРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ, ТРЕНИЕ, ИЗНОС

В отчете представлены результаты исследований, посвященных анализу эффективности работы триботехнического состава реметаллизанта «RESURS NEXT» при его использовании в качестве добавки к моторному маслу бензиновых автомобильных двигателей, а также возможности и степени восстановления изношенного двигателя путем обработки вышеуказанным составом.

Была разработана методика моторных стендовых испытаний с применением метода искусственных повреждений, проведен комплекс испытаний с использованием разработанной методики, проанализированы полученные результаты.

Содержание работы

	Стр.
1. Цель проведения работы	8
2. Объект исследования	8
3. Описание испытательного стенда и измерительной аппаратуры	10
4. Программа испытаний	16
5. Результаты испытаний	17
5.1 Этап 1. Сравнительные испытания двигателя ВАЗ-2112 при работе на моторном масле с добавлением препарата «RESURS NEXT»	17
5.2 Этап 2. Длительные испытания двигателя ВАЗ-21083 с искусственными повреждениями деталей узлов трения при работе на моторном масле, содержащем препарат «RESURS NEXT»	31
5.2.1 Задачи второго этапа исследования	31
5.2.2 Результаты моторной серии испытаний	32
5.2.3 Визуальный анализ состояния двигателей по окончании длительных испытаний	59
5.2.4 Результаты измерения параметров герметичности цилиндро-поршневой группы двигателей по итогам испытаний	60
5.2.5 Оценка уровня низкотемпературных отложений в двигателе после длительных испытаний	64
5.2.6 Оценка уровня высокотемпературных отложений в двигателе после длительных испытаний	66
5.2.7 Оценка степени восстановления рабочих поверхностей изношенных деталей при добавлении в моторное масло препарата «RESURS NEXT»	69
6. Выводы по результатам испытаний	81
Приложение 1	84

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

n – частота вращения коленчатого вала;

m – коэффициент тактности двигателя;

N_e – эффективная мощность двигателя;

n – частота вращения коленчатого вала;

η_i – индикаторный к.п.д. двигателя;

η_m – механический к.п.д. двигателя;

η_e – эффективный к.п.д.;

g_e – удельный эффективный расход топлива;

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ВМТ – верхняя мертвая точка;
- °п.к.в. – градусы поворота коленчатого вала;
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
- КПД – коэффициент полезного действия;
- КС – камера сгорания;
- КШМ – кривошипно-шатунный механизм;
- НМТ – нижняя мертвая точка;
- ОГ – отработавшие газы;
- ЦПГ – цилиндро-поршневая группа;
- СО – оксид углерода (компонент токсичности ОГ);
- СО₂ – углекислый газ (компонент токсичности ОГ);
- СН, С_nН_m – несгоревшие углеводороды (компонент токсичности ОГ);
- NO_x – компоненты токсичности ОГ по оксидам азота

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 17479.1-85. Масла моторные. Классификация и обозначение. М.: Издательство стандартов, 1984.

ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 70 с.

ГОСТ 621-87. Кольца поршневые двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1987, 34 с.

ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. М.: Издательство стандартов, 2001, 22 с.

ГОСТ 10541–78. Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия

ГОСТ 33–2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости

ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний

1. Цель проведения работы

Целью проведения настоящей работы является экспериментальное исследование моторных и экологических показателей автомобильных бензиновых двигателей при работе на моторных маслах при добавлении в них препарата-реметаллизанта марки RESURS NEXT по ТУ 0257-018-45540231-2005 производства ООО «ВМПАВТО» (в дальнейшем – «препарат RESURS NEXT»), а также проверка возможности восстановления параметров работы изношенного двигателя путем его обработки вышеуказанным препаратом.

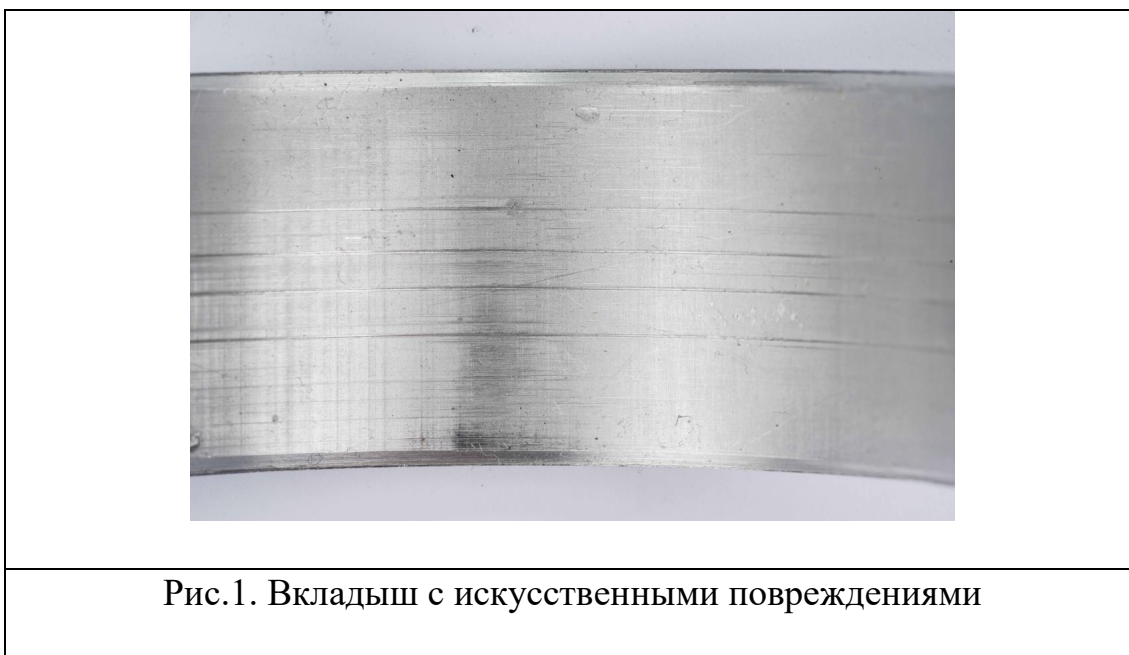
В процессе работы использовались оборудование и расчетно-экспериментальные методики исследования рабочих процессов в ДВС, разработанные на кафедре «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого (Аттестат уполномоченной испытательной лаборатории СДС ГСМ-FLM № РОСС.RU. 04ХД.ИЛ 001, действителен до 31 декабря 2017 г.)

2. Объект исследований

Объектами испытаний по согласованию с Заказчиком были выбраны два автомобильных бензиновых двигателя семейства ВАЗ. Для первого этапа испытаний использовался инжекторный шестнадцатиклапанный двигатель ВАЗ-2112 в исходно исправном техническом состоянии с невысокой степенью износа. Для второго этапа испытаний был подготовлен двигатель ВАЗ-21083, в котором были использованы детали с искусственно созданными

повреждениями рабочих поверхностей трения (подшипников коленчатого вала, поршневых колец).

Искусственные повреждения рабочих поверхностей вкладышей подшипников коленчатого вала в виде продольных царапин фиксированной глубины (порядка 100 мкм) наносились на токарном станке с помощью специального приспособления (рис. 1).



Искусственные повреждения на первых поршневых кольцах в виде царапин на рабочей поверхности наносились вручную, резцом – одна в зоне замка поршневого кольца, вторая, третья и четвертая – под углом 90, 180, 270 град. относительно замка.

Замеры давления масла и компрессии в цилиндрах двигателя, собранного с использованием искусственно поврежденных деталей, показали снижение давления масла в системе смазывания на 10...12% на режиме холостого хода, снижение компрессии в цилиндрах в среднем на 1,0...1,2 бара. Такое сочетание замеренных диагностических параметров характеризует техническое состояние двигателя как большой износ, требующий проведения среднего ремонта с заменой деталей узлов трения.

Все испытания проводились с использованием синтетического моторного масла «Лукойл Люкс» SAE 5W-30.

Образцы моторного масла и препарата «RESURS NEXT» в необходимом для проведения испытаний объеме были переданы Заказчиком Исполнителю.

3. Описание испытательного стенда и измерительной аппаратуры

Моторные испытания моторных масел проводились на испытательном стенде лаборатории ДВС кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого».

Испытания проводились на базе быстроходных автомобильных двигателей семейства ВАЗ - инжекторного шестнадцатиклапанного двигателя ВАЗ-2112 (первый этап испытаний) и карбюраторного восьмиклапанного двигателя ВАЗ-21083 (второй этап испытаний).

Данные двигатели предназначены для установки на переднеприводные автомобили малого класса и являются одними из наиболее распространенных в России.

Стенд оснащен системами, обеспечивающими его функционирование при всех режимах испытаний, а также контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратурой, позволяющей контролировать и регистрировать все необходимые для работы и проведения исследования параметры двигателя и его систем (системы топливоподачи, охлаждения и т.д.).

Стенд оснащен следующими системами и оборудованием:

- тормозное устройство;

- пульт дистанционного управления двигателем с приборами контроля за его работой;
- устройство для соединения двигателя с тормозом;
- система водяного охлаждения двигателя;
- смазочная система двигателя;
- топливная система с устройством для замера расхода топлива;
- система воздухообеспечения;
- система выпуска отработавших газов.



Рис. 2. Стенд с двигателем ВАЗ-2112



Рис. 3. Пульт управления стандом. Расходомер топлива и газоанализатор.



Рис. 4. Пульт управления стандом. Пульт управления и система компьютерной диагностики

Стенд для испытания двигателя был оборудован электротормозной установкой производства МЭЗ ВСЕТИН (ЧССР), состоящий из:

- балансирного динамометра DS 926-4 V с весами, датчиком вращающего момента, фотоэлектрическим датчиком скорости вращения и вентилятором для независимого охлаждения;
- преобразователя Леонарда DP 1126-4 (мотор-генератора);
- распределительного шкафа 4 RN 2088 со сдвоенным тормозным возбуждающим устройством и регулятором динамометра для регулирования скорости вращения и вращающего момента;
- пульта с аппаратурой управления, указателем скорости вращения (вольтметра градуированного в 1/мин., класс точности 1.5) и амперметра в цепи якорей.

Управление двигателем, электротормозной установкой и контроль работы систем установки осуществляется с дистанционного пульта управления. На пульте управления имеется регулятор для настройки требуемой величины скорости вращения и вращающего момента, приборы для аналогового измерения числа оборотов и тока в цепи якорей, переключатели для выбора направления вращения динамометра и остальная аппаратура, необходимая для работы динамометра и сигнализации.

Двигатель соединен с электротормозной установкой при помощи карданного вала, обеспечивающего компенсацию несоосностей валов двигателя и тормоза.

Измерения токсичности отработавших газов осуществлялось лабораторным газоанализатором 'ОПТОГАЗ-1' с цифровой индикацией.

Сведения об измерительном оборудовании:

Газоанализаторы:

Измеряемый параметр	Модель, тип прибора	Диапазон измерения	Концентрация поверочного газа	Погрешность, %
Концентрация NO _x	ОПТОГАЗ 500-1	0...4500 ppm	1035 ppm	±2,0
Концентрация CO	ОПТОГАЗ 500-1	0...7500 ppm	2000 ppm	±2,5
Концентрация CO ₂	ОПТОГАЗ 500-1	0...20%	4.12%	±2,5
Концентрация O ₂	ОПТОГАЗ 500-1	0...25%	20.8%	±2,5
Концентрация CH	ОПТОГАЗ 500-1	0...1000 ppm	513 ppm	±3,0

Другие средства измерений:

Измеряемый параметр, размерность	Наименование средства измерения	Модель, №	Диапазон измерений	Погрешность
Основные показатели:				
Частота вращения, об/мин	Тахометр	ТМ и ЗД	0-8000	±10 об/мин
Крутящий момент, Н м	Балансирный динамометр	DS 926-4 V	0-800	±1,0%
Мгновенный расход топлива, кг/час	Цифровой штихпроберный автоматический расходомер	Д-1	0...50	±0,5%
Средства измерения вспомогательных величин				
Температуры:				
Хладагента, град.С	Штатный датчик	-	30-140	±2,0
Смазочного масла, град.С	Термопара ХК	КСПЗ-П	0-250	±4,0
Отработанный газ, град.С	Термопара ХА	КСПЗ-П	50-850	±2,0

Температуры на всасывании, град.С	Термометр	ГОСТ 2823-73	0-50	±2,0
Топлива, град.С	Термометр	ГОСТ 18481-81	5-50	±2,0
Давления:				
Атмосферное, мм.рт.ст	Барометр	М-98	300-800	±0,2
За дроссельной заслонкой, бар	Манометр	МТИ	0-2,5	±0.02 атм
Влажности:				
Воздуха на впуске, %	Психометр	М-34	0-100	±1,0

Сведения о топливе и смазочном масле:

Топливо:	
Марка по ГОСТ 51105-97	Высокооктановый неэтилированный автомобильный бензин «Премиум-95» ОАО «Лукойл»
Плотность по ISO 3765, кг/дм ³	0,745
Нижшая теплота сгорания, МДж/кг	44,2
Элементарный состав топлива (по анализу)	
С, масс. %	87,54
Н, масс. %	12,42
S, ppm	18
N, масс. %	0
O, масс. %	0,82
Смазочное масло	
Марка масла	«Лукойл Люкс» 5W-30

Отбор отработавших газов:

Диаметр мерного участка выпускной трубы, мм	80
Длина мерного участка, м	2,5
Расстояние от фланца до пробоотборника, м	2,0
Теплоизоляция	Нет

4. Программа испытаний

Программа испытаний на первом этапе выполнения работы соответствовала требованиям Стандарта системы добровольной сертификации топлив, смазочных масел и технической химии СДС-FLM ММ-003-2009 «МАСЛА МОТОРНЫЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. Метод сравнительных испытаний». Текст Стандарта приведен в Приложении 1 к настоящему Отчету.

Программа испытаний искусственно изношенного двигателя при добавлении препарата «RESURS NEXT», а также анализ длительности последствий препарата, проводилась по следующей программе, согласованной с Заказчиком:

- подготовка двигателя – разборка, обмер, изготовление деталей с фиксированными искусственными повреждениями, снятие микропрофилей деталей в зоне повреждений;
- сборка двигателя, кратковременная обкатка (1 моточас);
- замер показателей двигателя на двух нагрузочных характеристиках (при $n=2000$ об/мин и 3000 об/мин) с замером крутящего момента, мгновенного расхода топлива, токсичности отработавших газов, давления и температуры масла, компрессии (давления конца сжатия) в цилиндрах;
- ввод препарата «RESURS NEXT» в масло;
- наработка на двигателе 50 моточасов с периодическим замером контрольных параметров;
- промежуточный замер показателей двигателя по программе начального замера, компрессии в цилиндрах, разборка двигателя, исследование контрольных деталей с замером микропрофилей в зонах искусственных повреждений;

- сборка двигателя, установка на стенд, кратковременная обкатка;
- повторная обработка препаратом «RESURS NEXT»;
- наработка на двигателе 50 моточасов с периодическим замером контрольных параметров;
- итоговый замер показателей двигателя по программе начального замера, компрессии в цилиндрах, разборка двигателя, исследование контрольных деталей с замером микропрофилей в зонах искусственных повреждений;
- сборка двигателя, заправка свежим маслом (без препарата);
- наработка на двигателе 50 моточасов с периодическим замером контрольных параметров для оценки длительности последствия обработки;
- замер показателей двигателя по программе начального замера, компрессии в цилиндрах, разборка двигателя, исследование контрольных деталей с замером микропрофилей в зонах искусственных повреждений;
- обработка результатов испытаний.

5. Результаты испытаний

5.1 Этап 1. Сравнительные испытания двигателя ВАЗ-2112 при работе на моторном масле с добавлением препарата «RESURS NEXT»

Целью данного фрагмента испытаний являлось определение мгновенных эффектов обработки исходно технически исправного двигателя препаратом «RESURS NEXT» в концентрации ввода, рекомендованной производителем (1 флакон 75 г на 4 литра моторного масла).

По согласованию с Заказчиком, испытания проводились на синтетическом моторном масле «Лукойл Люкс » 5W-30.

Замеры проводились на трех стадиях испытаний:

- до обработки, на базовом моторном масле;
- через 5 моточасов после ввода в масло препарата «RESURS NEXT»;
- через 10 моточасов после ввода в масло препарата «RESURS NEXT».

Результаты испытаний приведены ниже.

В таблицах использованы следующие обозначения:

- n – частота вращения коленчатого вала двигателя;
- M_e – эффективный крутящий момент;
- N_e – эффективная мощность;
- G_T – часовой расход топлива;
- g_e – удельный расход топлива;
- η_e – эффективный к.п.д.;
- η_m – механический к.п.д.;
- P_m – давление масла в системе смазывания;
- T_m – температура масла в поддоне;
- CO – содержание окиси углерода в отработавших газах двигателя;
- NO – содержание окиси азота в отработавших газах двигателя;
- CH – содержание остаточных углеводородов в отработавших газах.

Результаты моторных испытаний двигателя ВАЗ-2112 при работе на моторном масле с добавкой препарата «RESURS NEXT» сведены в табл. 1-3 и проиллюстрированы графиками на рис. 5...14.

Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2112, n=2000 об/мин

До обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,53	4,30	2,47	0,575	0,142	1,084	14,08	211	1684	350
2	41,06	8,60	3,40	0,396	0,207	1,056	14,14	217	2420	394
3	60,83	12,74	4,24	0,333	0,246	1,225	14,15	218	2685	443
4	81,11	16,99	5,14	0,303	0,270	1,324	14,16	225	2704	495
5	114,32	23,94	7,62	0,318	0,257	4,156	12,05	245	820	530

Через 5 моточасов после обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,40	4,27	2,42	0,565	0,145	1,065	14,02	202	1650	347
2	41,82	8,76	3,34	0,382	0,214	1,045	14,11	210	2449	391
3	61,20	12,82	4,11	0,321	0,255	1,236	14,12	211	2641	440
4	82,11	17,20	5,06	0,294	0,278	1,336	14,14	214	2736	491
5	116,54	24,41	7,43	0,305	0,269	4,048	12,10	232	885	524

Через 10 моточасов после обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,66	4,33	2,42	0,559	0,146	1,060	14,05	204	1637	348
2	41,31	8,65	3,32	0,384	0,213	1,052	14,15	208	2415	390
3	61,20	12,82	4,13	0,322	0,254	1,249	14,15	213	2610	441
4	81,60	17,09	5,03	0,294	0,278	1,352	14,10	217	2685	492
5	116,28	24,35	7,51	0,308	0,265	4,145	12,15	230	868	527

Табл. 1. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2112 при на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», n=2000 об/мин.

Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2112, n=3000 об/мин

До обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,53	6,45	2,94	0,456	0,179	0,714	14,42	139	2780	442
2	41,06	12,90	4,28	0,332	0,247	0,910	14,38	162	3350	485
3	61,59	19,35	5,44	0,281	0,291	0,752	14,53	168	3495	502
4	82,12	25,80	6,67	0,258	0,317	0,994	14,41	191	3352	531
5	129,34	40,63	11,21	0,276	0,297	6,143	11,21	235	550	594

Через 5 моточасов после обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,67	6,49	2,87	0,441	0,185	0,698	14,40	131	2685	435
2	41,33	12,99	4,18	0,322	0,254	0,885	14,31	154	3287	478
3	62,00	19,48	5,32	0,273	0,299	0,768	14,47	157	3440	499
4	82,67	25,97	6,49	0,250	0,328	0,950	14,44	180	3310	524
5	132,53	41,64	11,01	0,265	0,309	5,877	11,25	219	585	587

Через 10 моточасов после обработки

№ режима	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	CO,%	CO ₂ , %	СН, ppm	NO, ppm	Тог, град.С
1	20,67	6,49	2,89	0,445	0,184	0,704	14,42	133	2670	437
2	41,85	13,15	4,17	0,318	0,258	0,910	14,35	159	3304	481
3	62,00	19,48	5,29	0,272	0,301	0,761	14,45	158	3455	497
4	82,93	26,05	6,44	0,247	0,331	0,974	14,41	185	3355	522
5	132,27	41,55	11,24	0,270	0,303	5,742	11,21	224	610	586

Табл. 2. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2112 при на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», n=3000 об/мин.

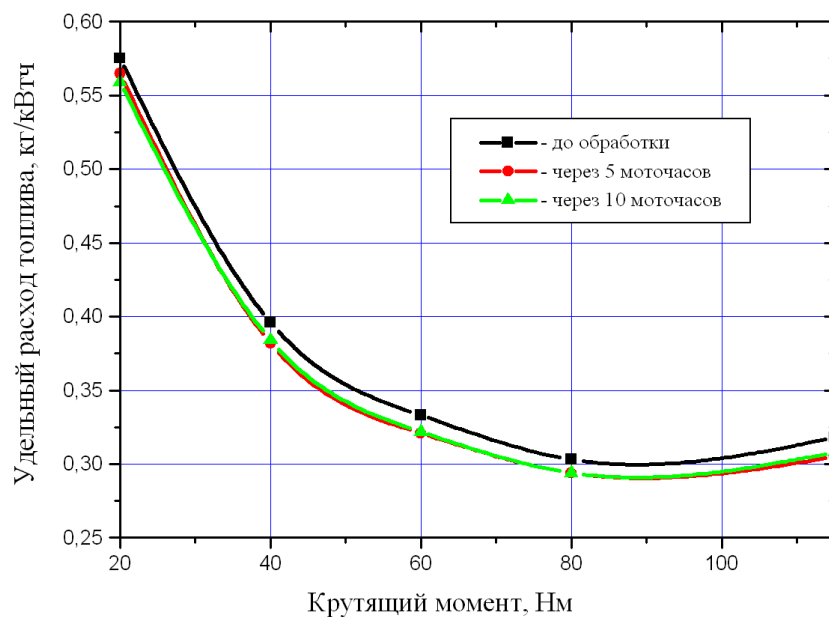


Рис. 5. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

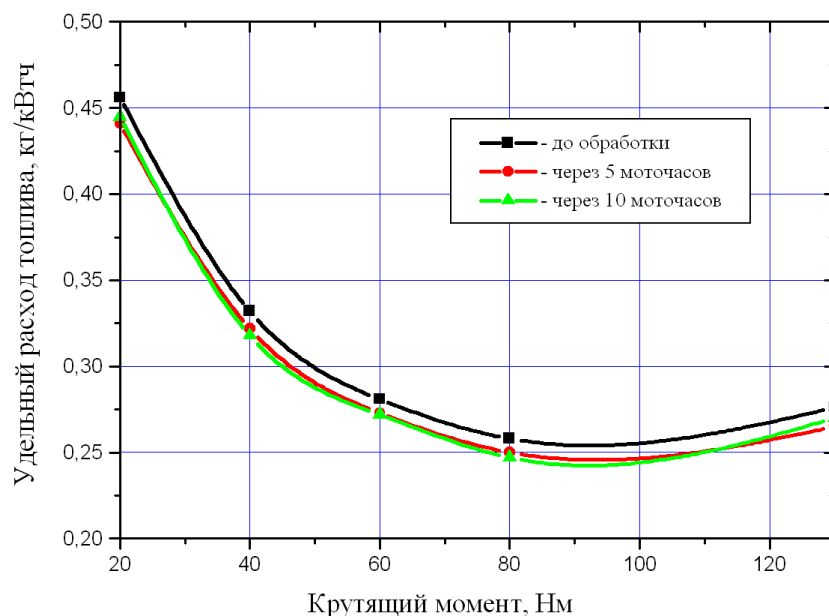


Рис.6. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

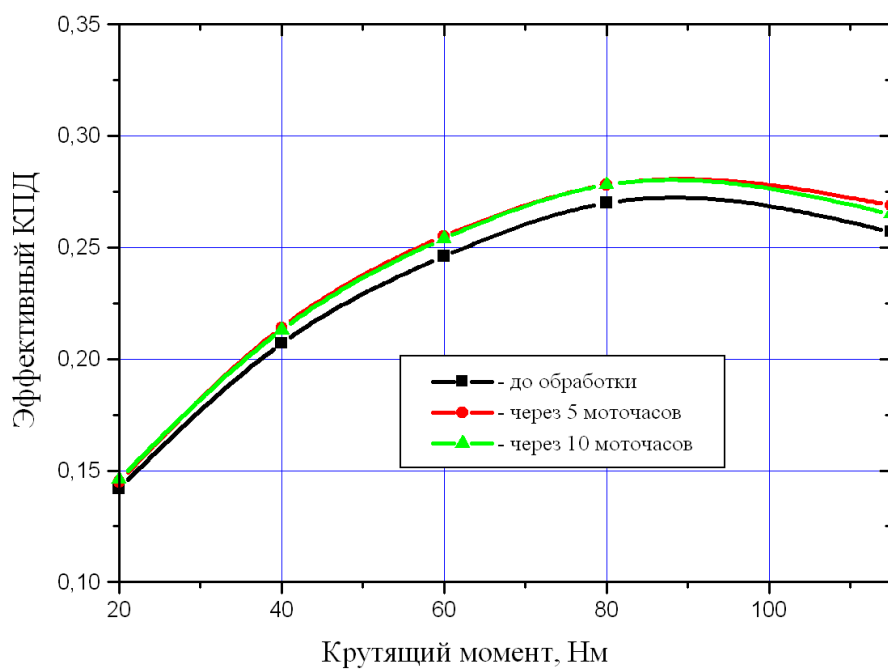


Рис.7. Изменение эффективного КПД двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

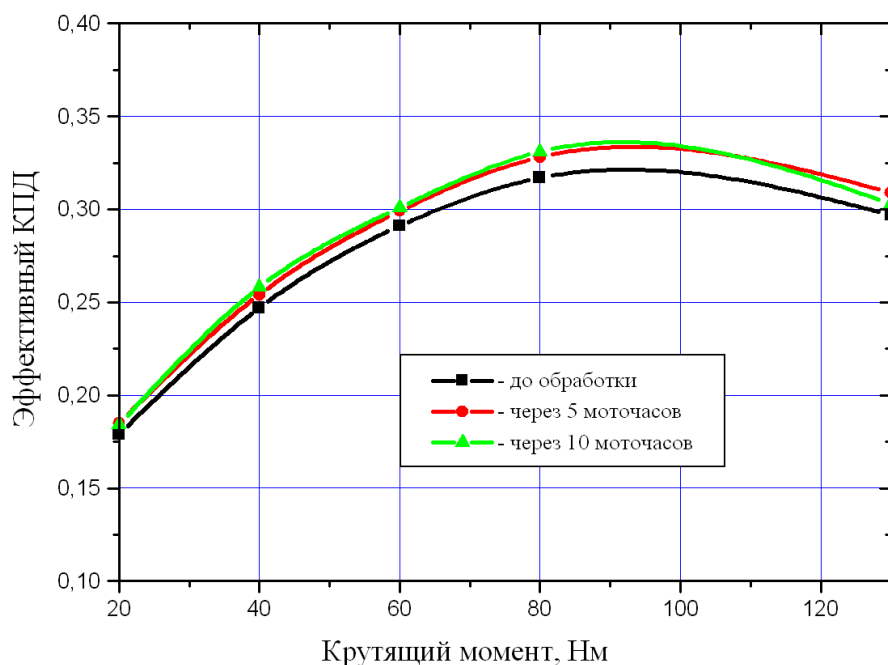


Рис.8. Изменение эффективного КПД двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

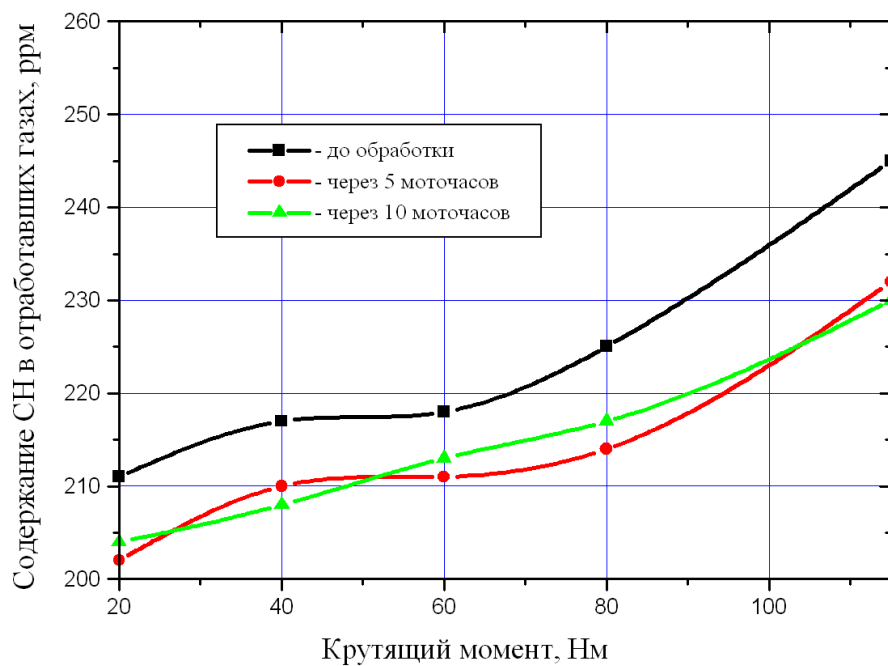


Рис. 9. Изменение содержания остаточных углеводородов СН с отработавших газов двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

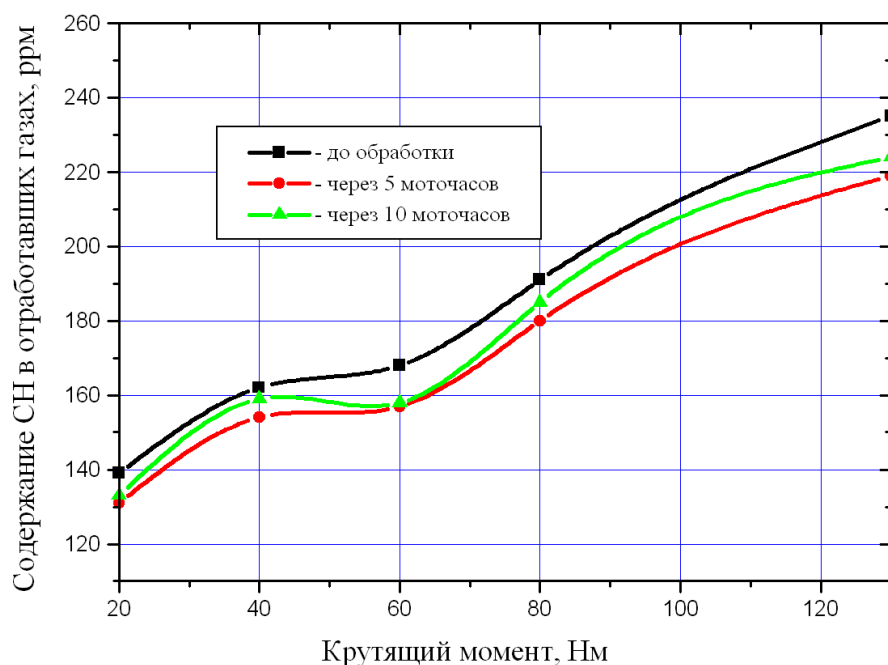


Рис. 10. Изменение содержания остаточных углеводородов СН с отработавших газов двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

Внешняя скоростная характеристика двигателя ВАЗ-2112

До обработки

п, об/мин	М _е , Нм	Ν _е , кВт	G _г , кг/ч	g _е , кг/кВтч	η _е	η _м	T _{ог} , град.С
1500	102,50	16,10	6,37	0,396	0,207	0,892	492
2000	116,15	24,33	7,77	0,320	0,256	0,880	532
2500	122,59	32,09	9,44	0,294	0,278	0,875	570
3000	129,80	40,78	11,43	0,280	0,292	0,872	588
3500	134,43	49,27	13,46	0,273	0,299	0,849	605
4000	127,74	53,51	16,28	0,304	0,269	0,815	640

Через 5 моточасов после обработки

1500	104,04	16,34	6,18	0,378	0,217	0,897	487
2000	117,69	24,65	7,58	0,308	0,266	0,887	530
2500	124,13	32,50	9,29	0,286	0,286	0,878	567
3000	132,12	41,51	11,23	0,271	0,302	0,875	585
3500	137,01	50,22	13,12	0,261	0,313	0,856	600
4000	129,28	54,15	16,17	0,299	0,274	0,819	632

Через 10 моточасов после обработки

1500	104,04	16,34	6,26	0,383	0,213	0,896	488
2000	117,44	24,60	7,66	0,311	0,263	0,887	531
2500	124,65	32,63	9,41	0,288	0,284	0,877	569
3000	131,86	41,42	11,46	0,277	0,296	0,877	587
3500	136,49	50,03	13,30	0,266	0,308	0,855	601
4000	128,77	53,94	16,29	0,302	0,271	0,818	633

Табл. 3. Внешние скоростные характеристики двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

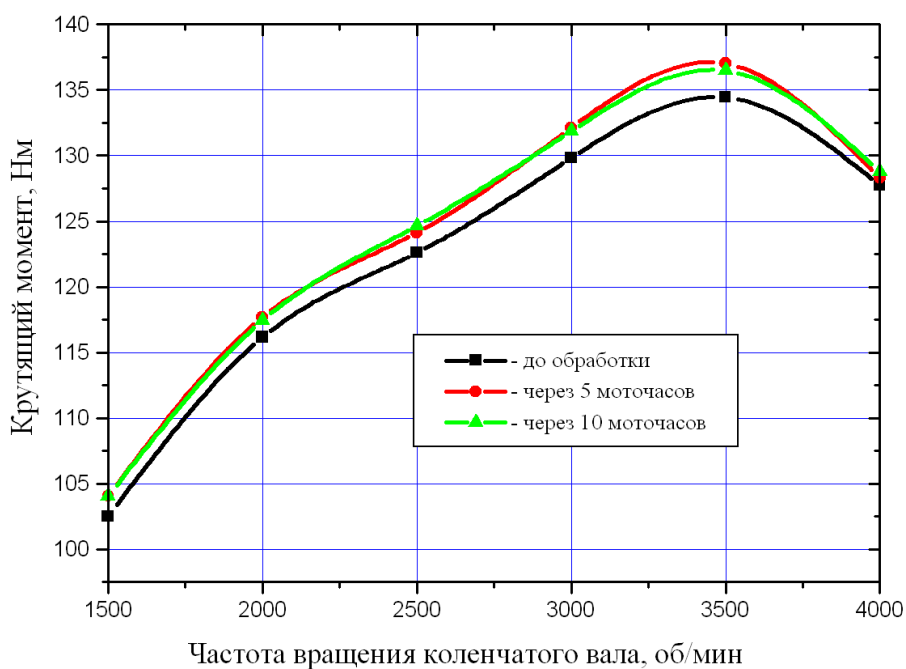


Рис. 11. Изменение крутящего момента двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

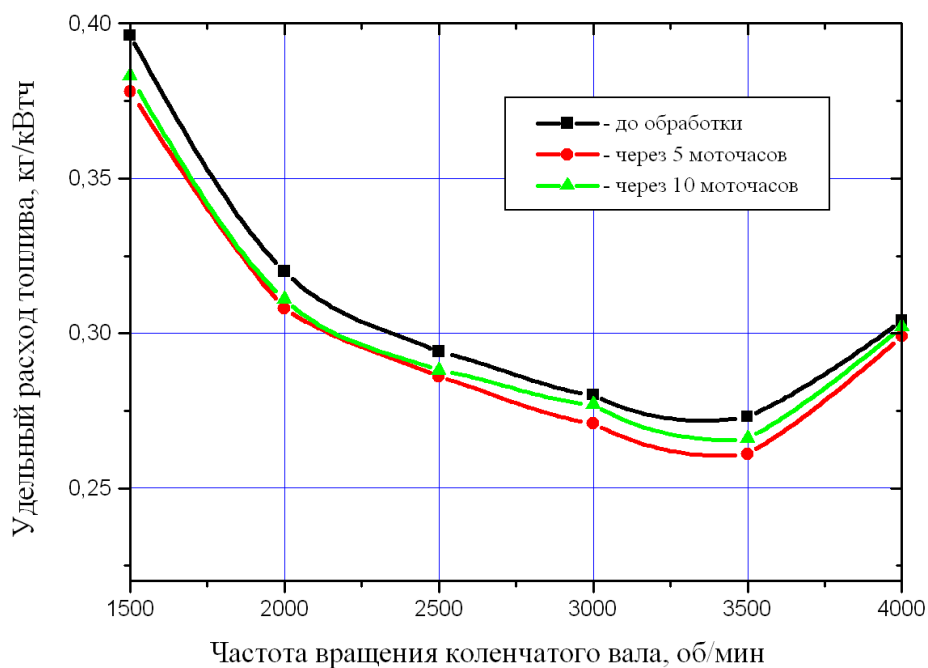


Рис.12. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

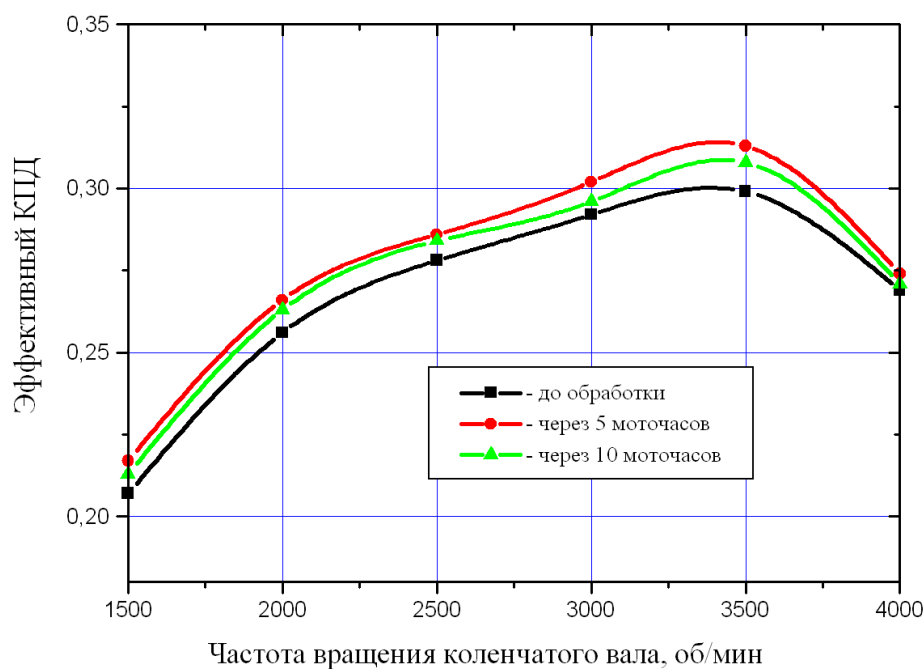


Рис.13. Изменение эффективного КПД двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

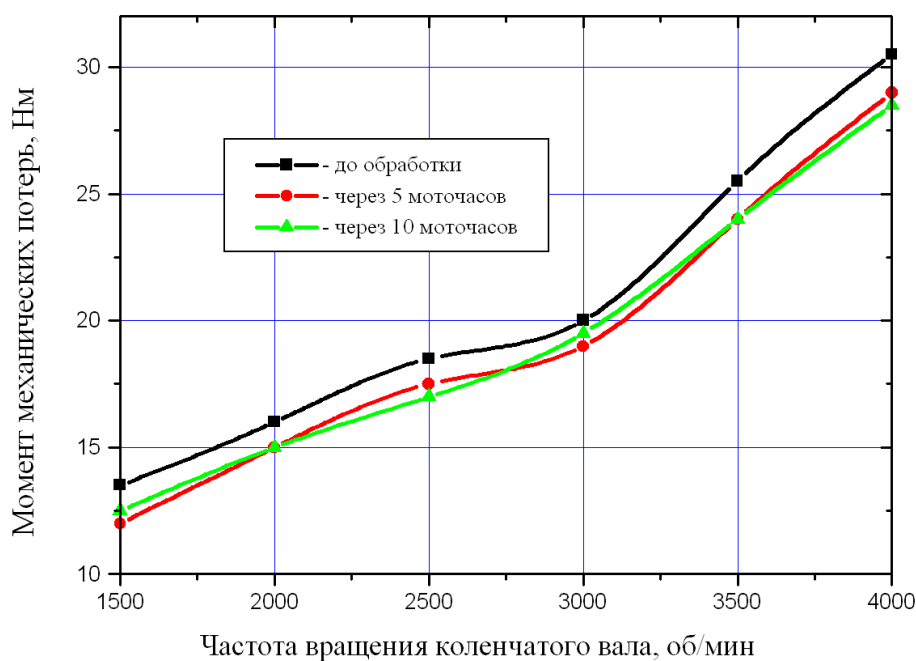


Рис.14. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

На каждом этапе испытаний проводились замеры момента механических потерь двигателя методом прокрутки от стенда. Результаты замеров сведены в табл. 4.

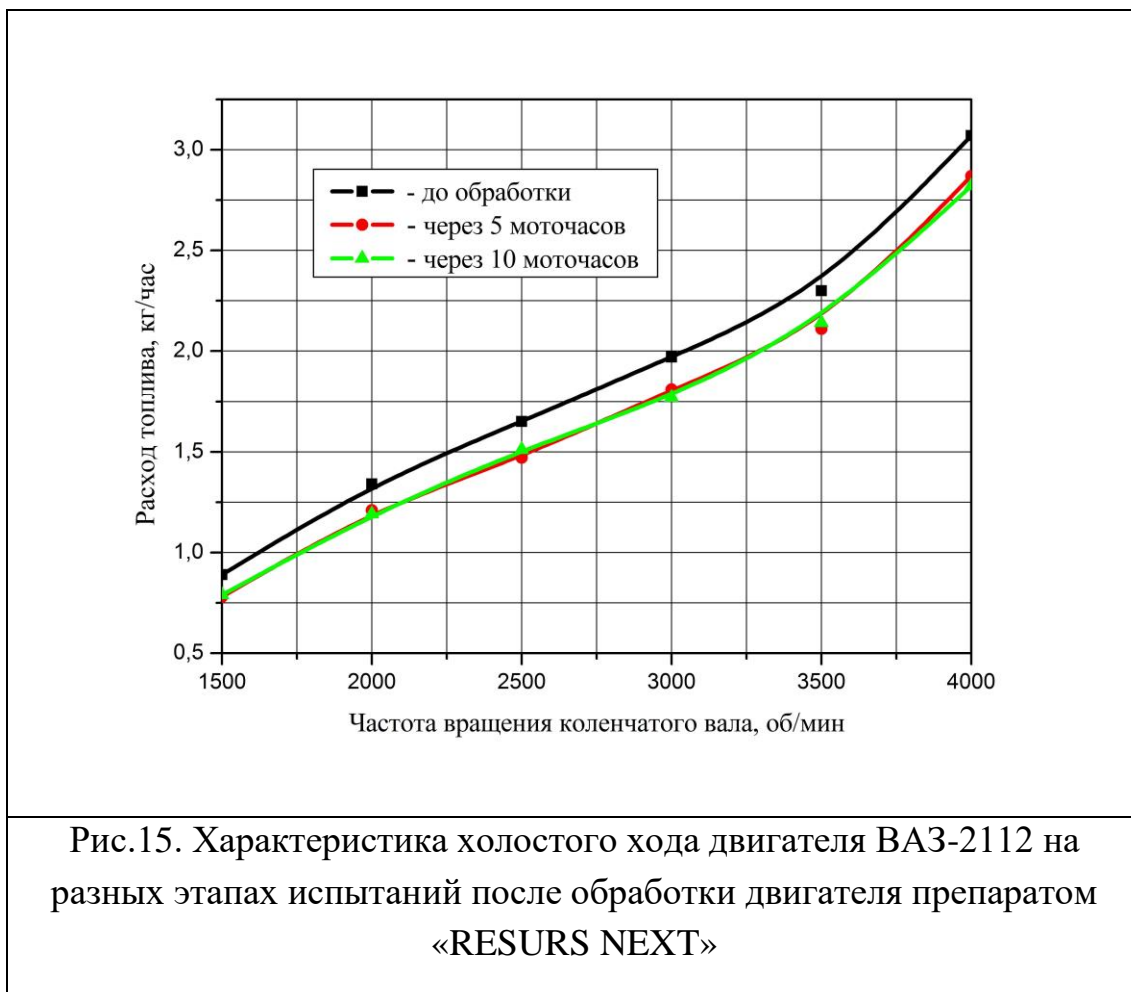
Момент механических потерь двигателя, Нм, на различных стадиях испытаний			
n, об/мин	До обработки	Через 5 моточасов	Через 10 моточасов
1500	13,5	12,0	12,5
2000	16,0	15,0	15,0
2500	18,5	17,5	17,0
3000	20,0	19,0	19,5
3500	25,5	24,0	24,0
4000	30,5	29,0	28,5

Табл. 4. Результаты замеров момента механических потерь методом прокрутки двигателя на разных стадиях испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

На каждом этапе замерялись параметры двигателя на характеристике холостого хода. Поскольку на этих режимах, вся энергия сгоревшего топлива идет на преодоление механических потерь, полученные данные наглядно свидетельствуют о влиянии присадки на потери трения в двигателе. Полученные результаты сведены в табл. 5 и проиллюстрированы графиком на рис. 15.

Характеристика холостого хода двигателя ВАЗ-2112	
До обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,89
2000	1,34
2500	1,65
3000	1,97
3500	2,30
4000	3,07
Через 5 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,78
2000	1,21
2500	1,47
3000	1,81
3500	2,11
4000	2,87
Через 10 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,79
2000	1,19
2500	1,51
3000	1,77
3500	2,14
4000	2,82

Табл. 5. Характеристики холостого хода двигателя ВАЗ-2112 на разных этапах испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»



Анализ результатов первого этапа испытаний

Анализ результатов, полученных при проведении первого этапа сравнительных стендовых моторных испытаний, выявляет следующее:

- Четко выявляется определенная тенденция снижения мощности потерь трения при вводе в моторное масло препарата «RESURS NEXT». Об этом свидетельствуют данные прямого замера момента механических потерь (табл. 4) и расхода топлива на режимах характеристики холостого хода (табл. 5). Обработка исходно исправного двигателя с малой степенью износа привела к

снижению мощности механических потерь на 6%, расхода топлива на режимах холостого хода – на 9%;

- Наблюдается определенное повышение технико-экономических показателей двигателя после его обработки препаратом «RESURS NEXT». Об этом свидетельствуют данные обработки результатов испытаний с расчетом усредненных за цикл испытаний удельного расхода топлива, эффективного и механического КПД двигателя. Усредненные эффекты добавления в масло вышеупомянутого препарата, полученные на разных стадиях испытаний, сведены в табл. 6. В данной таблице приведены проценты улучшения/ухудшения показателей относительно замеренных при работе двигателя на чистом масле, усредненные по 20 точкам замера, интерполированным по полученным экспериментальным данным.

№	Стадия испытаний	Мощность, кВт	Расход топлива, кг/кВтч	Эффект. КПД	Механ. КПД	СО, %	СН, ppm	NOx, ppm
1	До обработки	36,01	0,353	0,245	0,863	1,836	201	2384
2	Через 5 моточасов	36,56	0,341	0,254	0,872	1,791	191	2367
		+1,5	-3,4	+3,7	+1,0	-2,5	-5,0	-0,7
3	Через 10 моточасов	36,49	0,342	0,253	0,871	1,795	193	2361
		+1,3	-3,1	+3,3	+0,9	-2,2	-4,0	-1,0

Табл. 6. Усредненные показатели двигателя ВАЗ-2112 на различных стадиях испытаний после обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Цвета шрифта в таблице: зеленый – улучшение параметра, красный – ухудшение параметра, синий – изменение в пределах погрешности измерения

Таким образом, обработка двигателя препаратом «RESURS NEXT» обеспечила снижение удельного расхода топлива в среднем за цикл испытаний на 3%, с аналогичным ростом эффективного КПД;

- За период испытаний (10 моточасов) заметной динамики изменения параметров двигателя не выявлено. Данные замеров, проведенные через 5 и 10 моточасов (аналог 500 и 1000 км пробега), отличаются друг от друга в пределах погрешности измерения.

5.2 Этап 2. Длительные испытания двигателя ВАЗ-21083 с искусственными повреждениями деталей узлов трения при работе на моторном масле, содержащем препарат «RESURS NEXT»

5.2.1 Задачи второго этапа испытаний

Задачами второго этапа исследования являлись:

- подтверждение эффекта использования препарата «RESURS NEXT» на другом типе автомобильного двигателя;
- анализ возможности и степени восстановления поврежденных (изношенных) деталей двигателя путем его обработки препаратом «RESURS NEXT»;
- анализ динамики изменения эффекта работы препарата в течение длительного времени наработки в двигателе;
- анализ изменения уровня загрязнений внутренних поверхностей двигателя (высокотемпературных и

низкотемпературных) при использовании препарата «RESURS NEXT»;

- анализ длительности последствий обработки двигателя вышеуказанным препаратом при работе на чистом масле.

Испытания проводились в строгом соответствии с методикой, описанной выше, в п. 3 настоящего отчета.

Результаты испытаний приведены ниже.

5.2.2 Результаты моторной серии испытаний

В процессе проведения испытаний двигатель с искусственными повреждениями узлов трения (вкладышей подшипников коленчатого вала и поршневых колец) на испытуемом моторном масле («Лукойл Люкс 5W-30») отработал 100 моточасов (суммарно аналог 10000 км пробега) с ступенчатым повышением концентрации ввода препарата «RESURS NEXT». Первый ввод препарата был проведен в начале цикла испытаний в рекомендованной Производителем концентрации (один флакон 75 гр. на 4 литра моторного масла). Второй ввод препарата осуществлялся в такой же концентрации через 50 моточасов (аналог 5000 км пробега). Промежуточной замены масла между первой и второй обработкой не проводилось.

По завершении первых двух этапов испытаний была проведена заправка двигателя чистым маслом «Лукойл Люкс 5W-30» и проведен третий цикл испытаний на оценку последствий препарата «RESURS NEXT» в течение 50 моточасов.

После каждого этапа испытаний проводилась полная разборка двигателя с дефектацией, анализом степени загрязненности деталей и изменением состояния поверхностей искусственно поврежденных

деталей. Кроме того, по окончании каждого этапа испытаний замерялись давления конца сжатия (компрессия) по всем цилиндрам двигателя.

Результаты замеров параметров двигателя на режимах нагрузочных характеристик на всех трех стадиях испытаний сведены в табл. 7...12 и проиллюстрированы графиками на рис. 16 ...27.

Длительные испытания. Стадия 1												
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,												
n=2000 об/мин												
До обработки												
N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	20,66	4,33	2,27	0,524	0,156	0,541	0,058	14,45	125	1245	1,95	90
2	41,31	8,65	3,24	0,374	0,219	0,706	0,064	14,52	134	1875	1,95	90
3	61,20	12,82	4,04	0,315	0,260	0,783	0,114	14,64	139	2412	1,90	91
4	81,60	17,09	4,85	0,284	0,288	0,830	0,314	14,24	115	2360	1,85	92
5	99,96	20,94	6,72	0,321	0,255	0,858	4,552	11,04	187	956	1,80	95
Через 25 моточасов после обработки												
1	21,68	4,54	2,22	0,490	0,167	0,575	0,061	14,51	118	1193	2,10	84
2	41,31	8,65	3,19	0,368	0,222	0,724	0,059	14,59	127	1810	2,10	85
3	61,71	12,92	3,93	0,304	0,269	0,799	0,109	14,61	138	2298	2,05	86
4	81,60	17,09	4,70	0,275	0,298	0,842	0,317	14,21	106	2325	2,00	88
5	103,0	21,58	6,61	0,306	0,267	0,873	4,485	11,15	172	931	1,95	91
Через 50 моточасов после обработки												
1	21,17	4,43	2,21	0,500	0,164	0,562	0,057	14,51	116	1201	2,10	84
2	41,82	8,76	3,21	0,367	0,223	0,720	0,061	14,54	130	1855	2,05	85
3	61,20	12,82	3,89	0,304	0,269	0,792	0,112	14,64	141	2272	2,00	87
4	82,11	17,20	4,73	0,275	0,298	0,839	0,325	14,21	109	2306	1,95	89
5	103,5	21,68	6,73	0,310	0,264	0,870	4,551	11,10	177	915	1,90	92

Табл. 7. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESURS NEXT», n=2000 об/мин.

Длительные испытания. Стадия 1
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,
n=3000 об/мин

До обработки

N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	20,67	6,49	2,97	0,458	0,179	0,456	0,134	14,75	108	2114	2,35	90
2	41,33	12,99	4,01	0,312	0,258	0,630	0,142	14,81	124	2780	2,30	92
3	62,00	19,48	5,15	0,264	0,310	0,722	0,154	14,85	121	3017	2,20	94
4	83,44	26,21	6,64	0,253	0,323	0,781	0,542	14,62	114	2895	2,10	95
5	108,5	34,09	10,03	0,294	0,278	0,825	6,843	10,45	195	846	2,05	98

Через 25 моточасов после обработки

1	21,93	6,89	2,88	0,418	0,196	0,487	0,124	14,79	99	2043	2,50	87
2	42,30	13,29	3,89	0,298	0,279	0,640	0,127	14,84	106	2665	2,45	88
3	63,19	19,85	4,98	0,251	0,326	0,738	0,148	14,90	114	2894	2,45	89
4	83,81	26,33	6,51	0,247	0,331	0,792	0,510	14,67	105	2872	2,35	90
5	111,8	35,11	9,90	0,282	0,290	0,839	6,557	10,52	178	889	2,25	92

Через 50 моточасов после обработки

1	20,89	6,56	2,80	0,427	0,191	0,472	0,126	14,75	101	2074	2,50	88
2	42,82	13,45	3,96	0,304	0,268	0,638	0,122	14,89	110	2590	2,50	88
3	62,66	19,69	4,92	0,250	0,328	0,734	0,151	14,97	117	2865	2,40	90
4	83,55	26,25	6,46	0,246	0,332	0,788	0,516	14,71	109	2910	2,30	92
5	112,3	35,27	10,03	0,284	0,288	0,836	6,776	10,50	181	865	2,25	93

Табл. 8. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после обработки препаратом «RESUR NEXT», n=3000 об/мин.

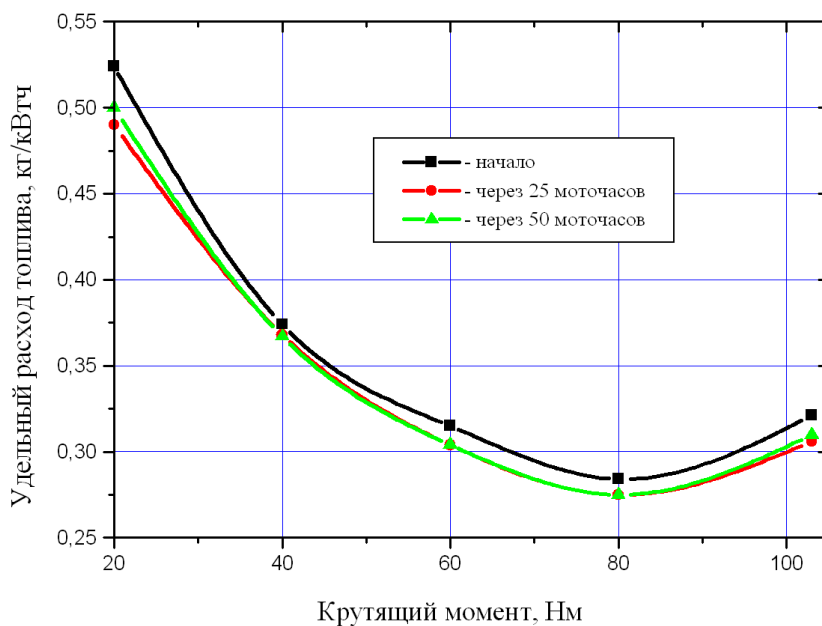


Рис.16. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

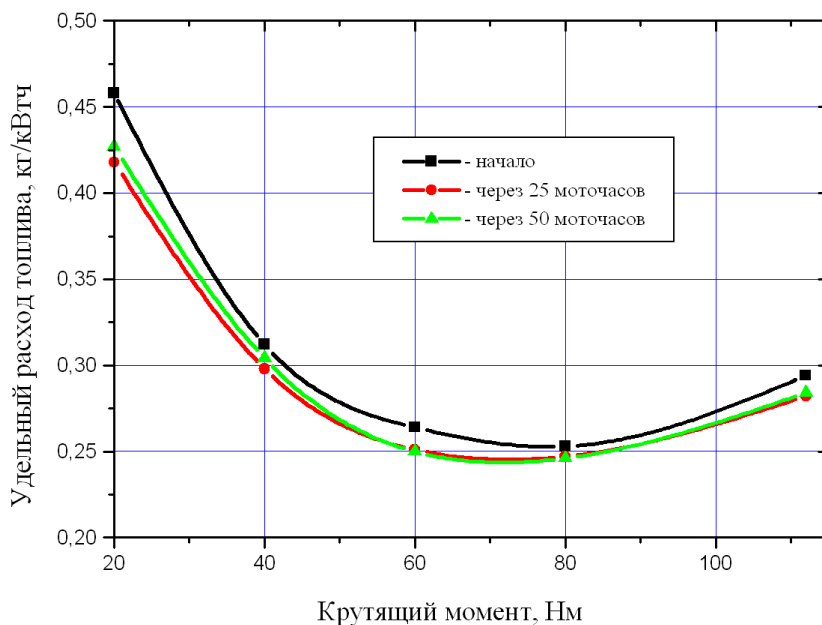


Рис. 17. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

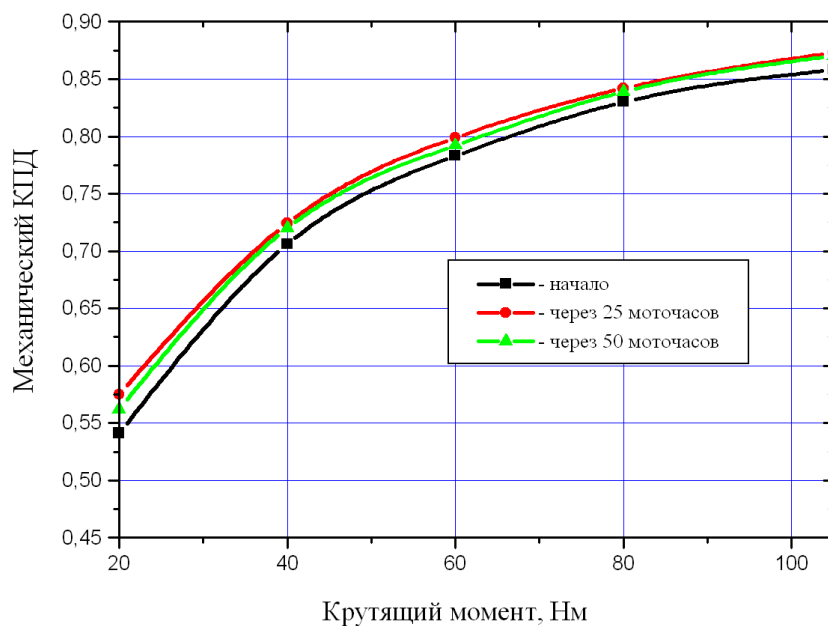


Рис.18. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

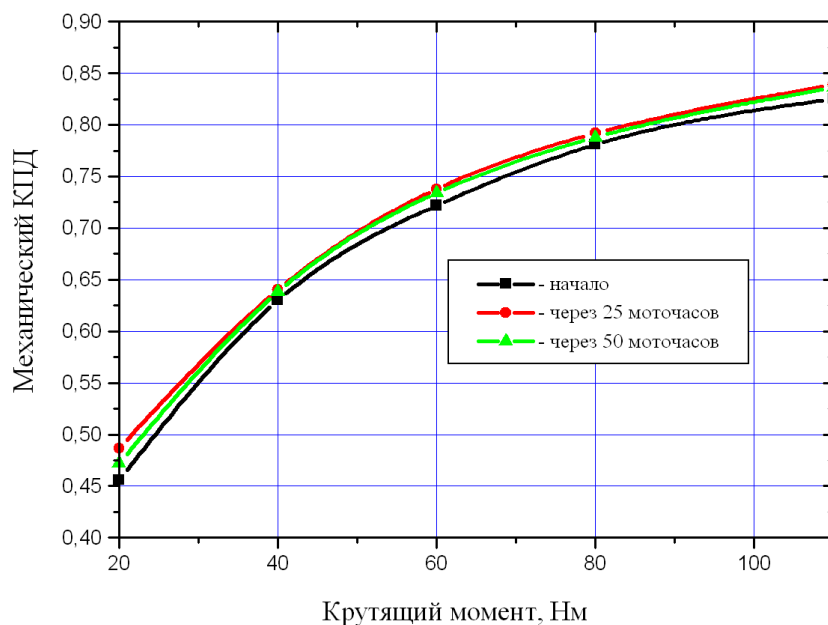


Рис. 19. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

Длительные испытания. Стадия 2
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,
n=2000 об/мин

До обработки

N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	20,54	4,30	2,21	0,513	0,160	0,554	0,062	14,48	119	1246	2,15	85
2	40,57	8,50	3,13	0,369	0,222	0,716	0,065	14,57	132	1816	2,10	87
3	61,36	12,85	3,94	0,307	0,267	0,798	0,115	14,61	140	2340	2,05	88
4	81,13	16,99	4,61	0,271	0,302	0,844	0,346	14,40	115	2294	2,00	90
5	103,4	21,66	6,63	0,306	0,268	0,877	4,778	11,25	184	902	1,95	93

Через 25 моточасов после обработки

1	20,28	4,25	2,09	0,492	0,166	0,566	0,057	14,42	110	1169	2,25	83
2	40,57	8,50	3,09	0,364	0,225	0,726	0,060	14,52	119	1750	2,15	85
3	59,83	12,53	3,80	0,293	0,270	0,799	0,107	14,57	124	2267	2,10	86
4	81,13	16,99	4,48	0,263	0,311	0,846	0,311	14,46	104	2204	2,10	89
5	105,0	21,98	6,54	0,297	0,275	0,879	4,480	11,40	168	870	2,00	90

Через 50 моточасов после обработки

1	20,42	4,28	2,10	0,492	0,166	0,552	0,059	14,42	107	1184	2,25	84
2	41,86	8,77	3,17	0,361	0,226	0,720	0,064	14,56	118	1715	2,20	86
3	61,25	12,83	3,87	0,301	0,271	0,793	0,114	14,51	122	2158	2,15	86
4	81,67	17,10	4,53	0,265	0,309	0,838	0,335	14,40	107	2235	2,10	90
5	105,2	22,02	6,65	0,302	0,271	0,872	4,579	11,46	172	849	2,05	91

Табл. 9. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», n=2000 об/мин.

Длительные испытания. Стадия 2
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,
n=3000 об/мин

До обработки

N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	20,43	6,42	2,79	0,434	0,188	0,462	0,131	14,70	104	2114	2,50	87
2	41,37	13,00	3,90	0,308	0,270	0,628	0,129	14,84	119	2675	2,45	90
3	61,29	19,26	4,90	0,254	0,322	0,725	0,155	14,91	122	2928	2,40	90
4	81,22	25,51	6,39	0,251	0,326	0,780	0,498	14,65	105	2875	2,35	92
5	110,8	34,82	10,13	0,291	0,281	0,831	6,884	10,41	187	828	2,30	93

Через 25 моточасов после обработки

1	20,20	6,35	2,77	0,436	0,187	0,470	0,124	14,76	101	2056	2,60	84
2	40,92	12,85	3,77	0,298	0,279	0,637	0,118	14,80	108	2580	2,55	87
3	62,15	19,53	4,83	0,248	0,331	0,739	0,148	14,84	115	2876	2,45	88
4	82,87	26,03	6,21	0,239	0,343	0,793	0,512	14,69	99	2744	2,40	90
5	113,7	35,72	9,87	0,276	0,296	0,844	6,740	10,67	170	895	2,35	91

Через 50 моточасов после обработки

1	21,05	6,61	2,83	0,428	0,191	0,474	0,130	14,71	107	2148	2,60	84
2	41,59	13,07	3,81	0,291	0,281	0,633	0,122	14,65	110	2528	2,60	88
3	62,90	19,76	4,89	0,247	0,331	0,735	0,141	14,80	119	2790	2,50	89
4	83,70	26,29	6,27	0,238	0,343	0,789	0,559	14,60	102	2775	2,45	91
5	113,9	35,77	10,05	0,281	0,291	0,838	6,893	10,72	176	870	2,40	92

Табл. 10. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», n=3000 об/мин.

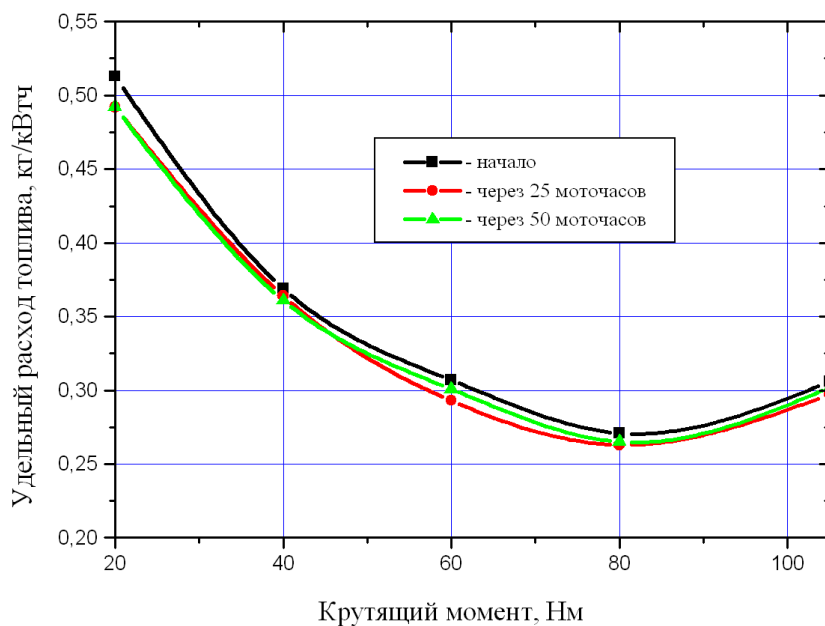


Рис.20. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

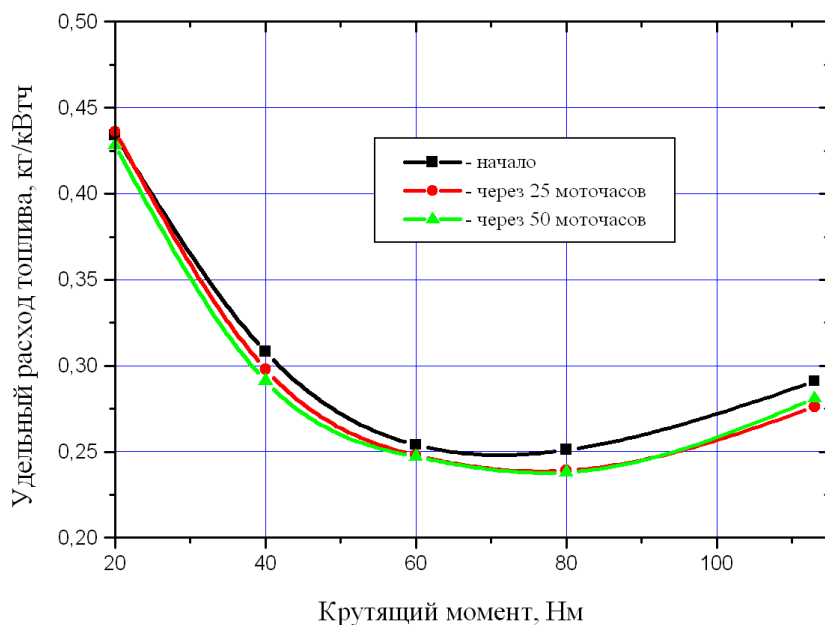


Рис.21. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

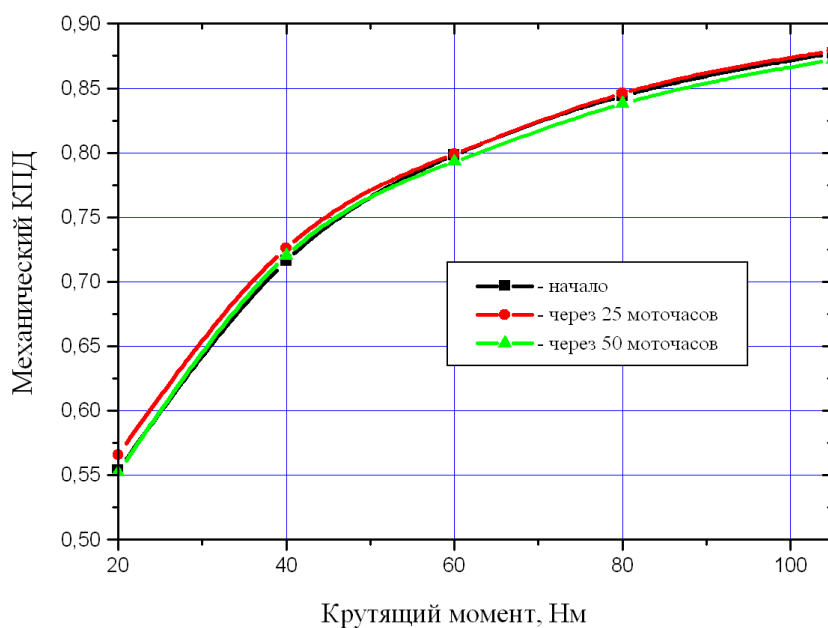


Рис.22. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

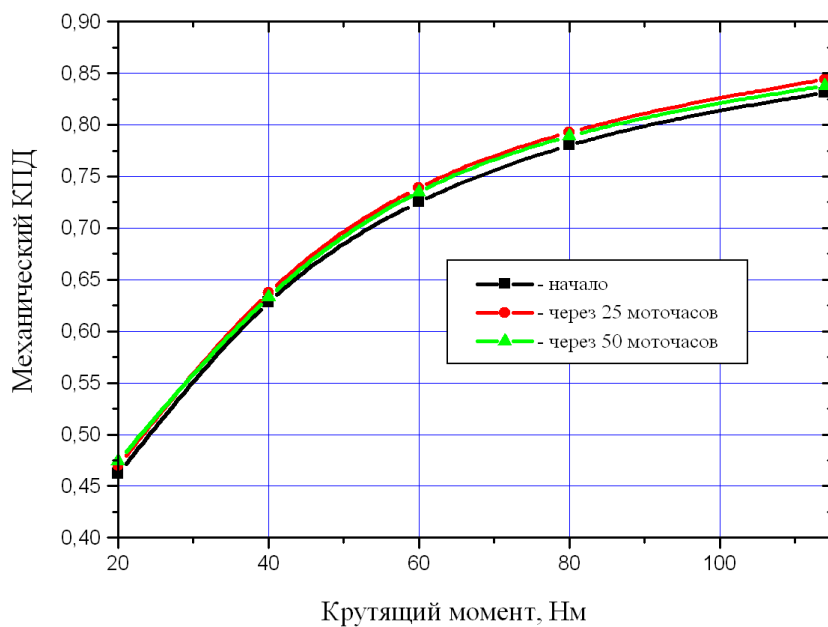


Рис.23. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

**Длительные испытания. Оценка длительности последствия
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,
n=2000 об/мин**

Начало

N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	21,55	4,51	2,19	0,490	0,167	0,551	0,057	14,42	110	1199	2,25	84
2	42,05	8,81	3,05	0,346	0,237	0,718	0,061	14,53	125	1874	2,25	85
3	64,13	13,43	3,89	0,290	0,282	0,798	0,104	14,58	130	2215	2,20	87
4	84,63	17,72	4,57	0,258	0,318	0,842	0,325	14,42	116	2316	2,15	90
5	108,3	22,68	6,69	0,295	0,278	0,875	4,550	11,17	178	945	2,10	91

Через 25 моточасов

1	20,50	4,29	2,17	0,505	0,162	0,544	0,059	14,47	112	1215	2,20	86
2	42,58	8,92	3,02	0,338	0,242	0,709	0,064	14,50	130	1995	2,15	88
3	63,60	13,32	3,94	0,295	0,277	0,787	0,115	14,53	139	2262	2,10	90
4	84,63	17,72	4,60	0,259	0,315	0,834	0,574	14,36	122	2345	2,10	92
5	106,7	22,35	6,79	0,300	0,272	0,866	4,694	11,02	189	887	2,05	93

Через 50 моточасов

1	19,97	4,18	2,22	0,522	0,154	0,533	0,062	14,38	118	1246	2,15	88
2	42,05	8,81	3,12	0,354	0,231	0,700	0,070	14,36	141	2055	2,10	89
3	64,13	13,43	3,99	0,297	0,275	0,782	0,124	14,42	143	2335	2,10	91
4	84,63	17,72	4,71	0,266	0,308	0,827	0,652	14,26	131	2376	2,05	94
5	105,1	22,02	6,63	0,301	0,272	0,857	4,887	10,58	204	695	2,00	96

Табл. 11. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствия обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», n=2000 об/мин.

**Длительные испытания. Оценка длительности последствия
Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-21083,
n=3000 об/мин**

Начало

N режи ма	Me, нм	Ne, кВт	Gт, кг/ч	ge, кг/ кВтч	ηе	ηм	СО, %	СО₂, %	СН, ppm	NO, ppm	Pм, бар	Tм, град. С
1	21,39	6,72	2,74	0,408	0,201	0,471	0,122	14,61	106	2045	2,65	84
2	42,26	13,28	3,91	0,300	0,272	0,630	0,121	14,80	118	2625	2,60	87
3	63,92	20,08	4,94	0,246	0,333	0,731	0,152	14,87	124	3004	2,55	88
4	83,99	26,39	6,04	0,229	0,258	0,783	0,552	14,60	101	2778	2,50	90
5	115,7	36,34	10,24	0,282	0,290	0,834	7,041	10,27	190	856	2,40	91

Через 25 моточасов

1	21,13	6,64	2,83	0,427	0,192	0,458	0,134	14,54	112	2180	2,60	86
2	43,32	13,61	3,99	0,307	0,272	0,626	0,140	14,62	121	2695	2,55	88
3	64,45	20,25	4,98	0,246	0,332	0,724	0,164	14,57	137	2954	2,50	90
4	85,57	26,88	6,04	0,225	0,364	0,779	0,620	14,42	115	2710	2,40	92
5	115,2	36,18	10,45	0,291	0,285	0,828	7,154	10,10	196	805	2,30	93

Через 50 моточасов

1	22,19	6,97	3,00	0,430	0,190	0,462	0,151	14,48	120	2270	2,45	88
2	42,26	13,28	4,06	0,309	0,269	0,624	0,162	14,40	126	2684	2,40	90
3	64,45	20,25	5,07	0,250	0,327	0,719	0,175	14,54	142	2810	2,35	92
4	84,52	26,55	6,14	0,231	0,354	0,772	0,740	14,15	126	2784	2,25	94
5	113,0	35,51	10,25	0,289	0,284	0,822	7,421	10,08	210	710	2,20	96

Табл.12. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствия обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», n=3000 об/мин.

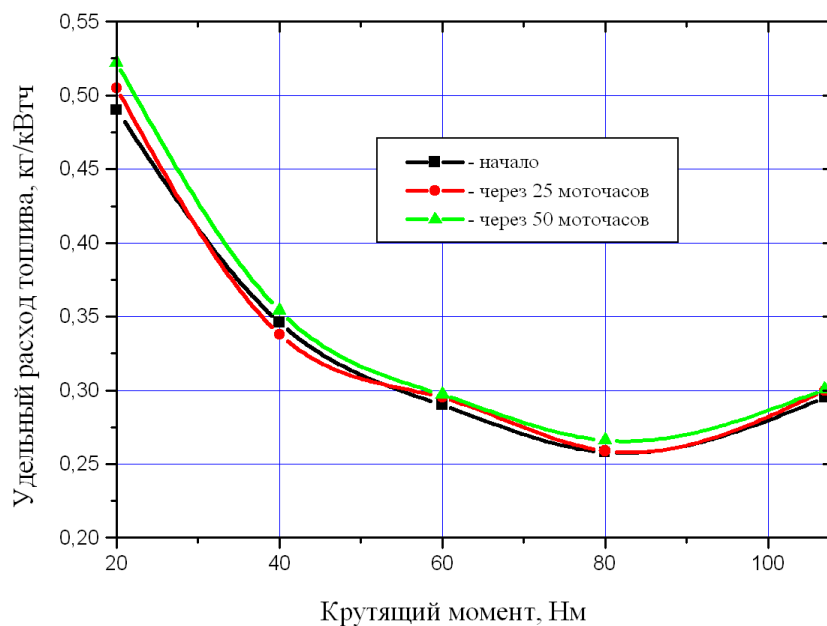


Рис. 24. Изменение удельного расхода топлива двигателя VAZ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

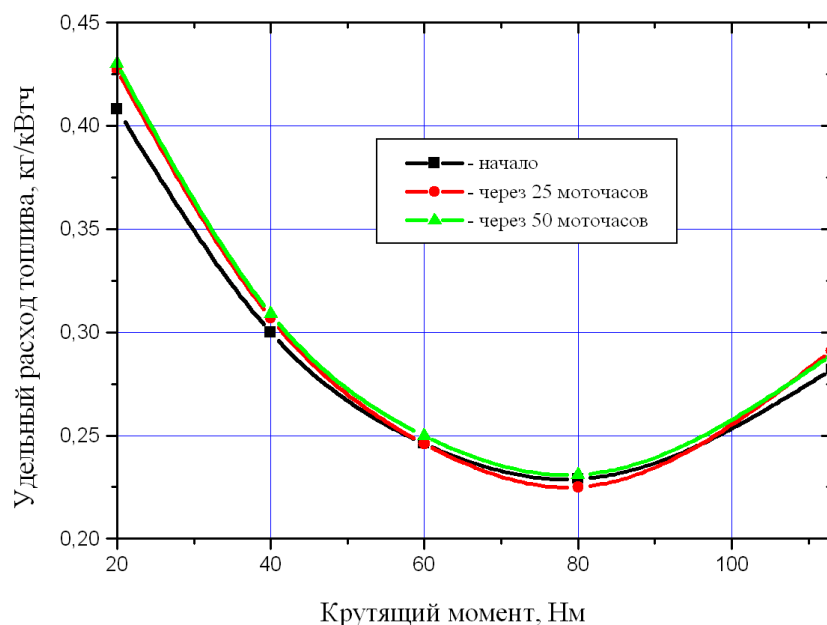


Рис.25. Изменение удельного расхода топлива двигателя VAZ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

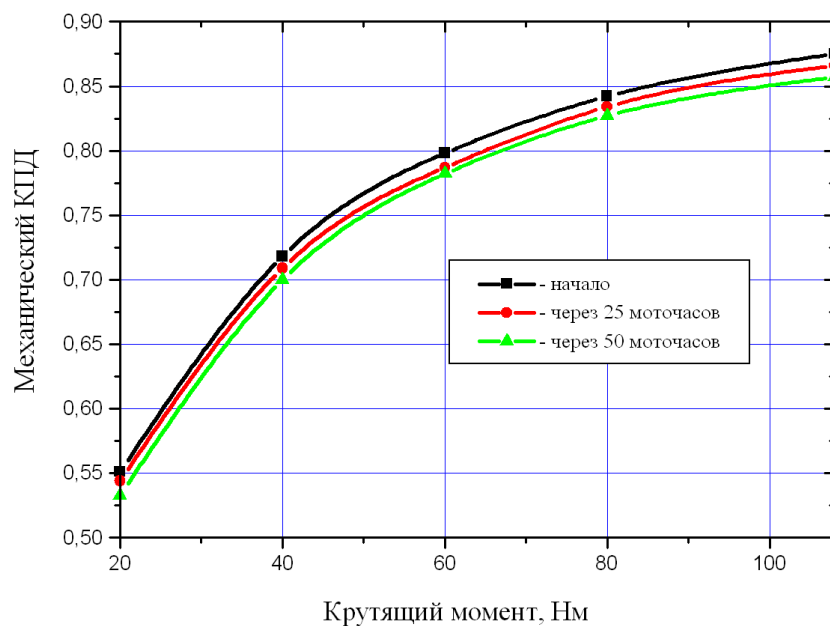


Рис.26. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=2000$ об/мин

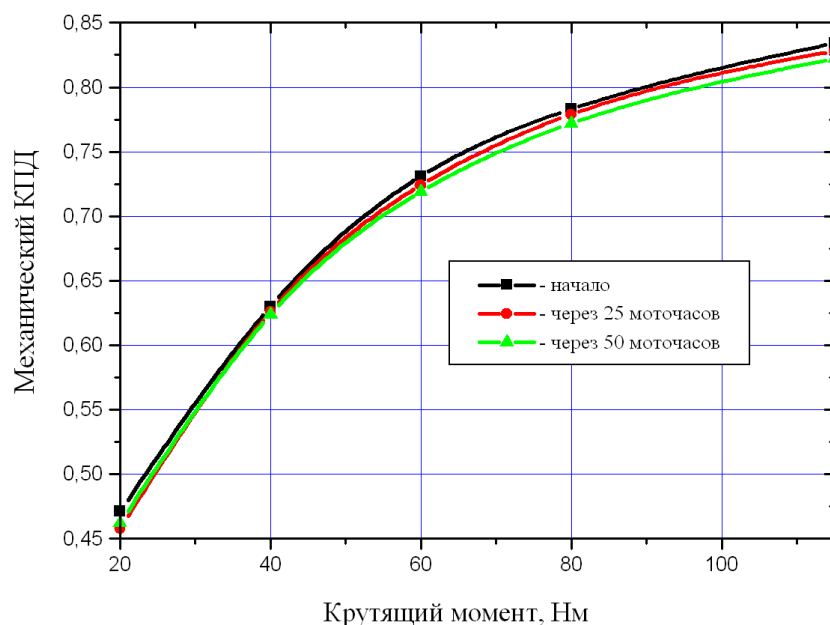


Рис.27. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки препаратом «RESURS NEXT», нагрузочная характеристика, $n=3000$ об/мин

Результаты замеров параметров двигателя на режимах внешней скоростной характеристики на всех трех стадиях испытаний сведены в табл. 13...15 и проиллюстрированы графиками на рис. 28... 39.

Внешняя скоростная характеристика двигателя ВАЗ-21083 Длительные испытания, обработка №1								
До обработки								
n, об/мин	M_e, Нм	N_e, кВт	G_r, кг/ч	g_e, кг/ кВтч	η_e	η_m	P_m, бар	T_m, град.С
1500	89,62	14,08	5,44	0,387	0,212	0,845	1,60	89
2000	100,95	21,14	6,85	0,324	0,253	0,840	1,85	94
2500	104,04	27,24	8,68	0,319	0,257	0,829	1,95	96
3000	108,17	33,98	10,23	0,301	0,272	0,809	2,10	98
3500	112,29	41,15	11,96	0,291	0,281	0,786	2,25	99
4000	110,23	46,17	14,21	0,308	0,266	0,759	2,40	101
Через 25 моточасов после обработки								
n, об/мин	M_e, Нм	N_e, кВт	G_r, кг/ч	g_e, кг/ кВтч	η_e	η_m	P_m, бар	T_m, град.С
1500	92,71	14,56	5,40	0,371	0,221	0,865	1,75	84
2000	104,04	21,79	6,79	0,312	0,260	0,863	1,95	90
2500	105,07	27,51	8,61	0,315	0,269	0,837	2,10	92
3000	110,23	34,63	10,09	0,291	0,281	0,821	2,25	93
3500	114,35	41,91	12,04	0,287	0,285	0,806	2,40	94
4000	113,25	47,47	14,15	0,298	0,275	0,780	2,45	97
Через 50 моточасов после обработки								
n, об/мин	M_e, Нм	N_e, кВт	G_r, кг/ч	g_e, кг/ кВтч	η_e	η_m	P_m, бар	T_m, град.С
1500	93,23	14,64	5,46	0,373	0,220	0,865	1,75	85
2000	104,56	21,90	6,86	0,313	0,261	0,860	1,90	91
2500	105,07	27,51	8,76	0,318	0,57	0,833	2,10	92
3000	110,74	34,79	10,23	0,294	0,278	0,822	2,30	94
3500	113,32	41,53	12,23	0,295	0,278	0,802	2,40	95
4000	112,29	47,03	14,27	0,303	0,270	0,778	2,45	98

Табл. 13. Внешние скоростные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», длительные испытания

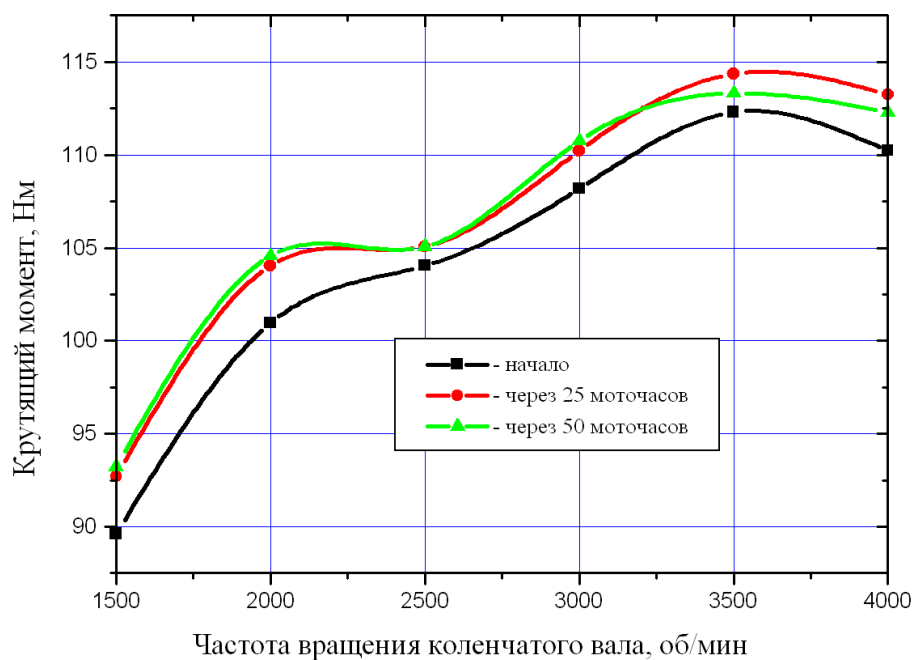


Рис. 28. Изменение крутящего момента двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

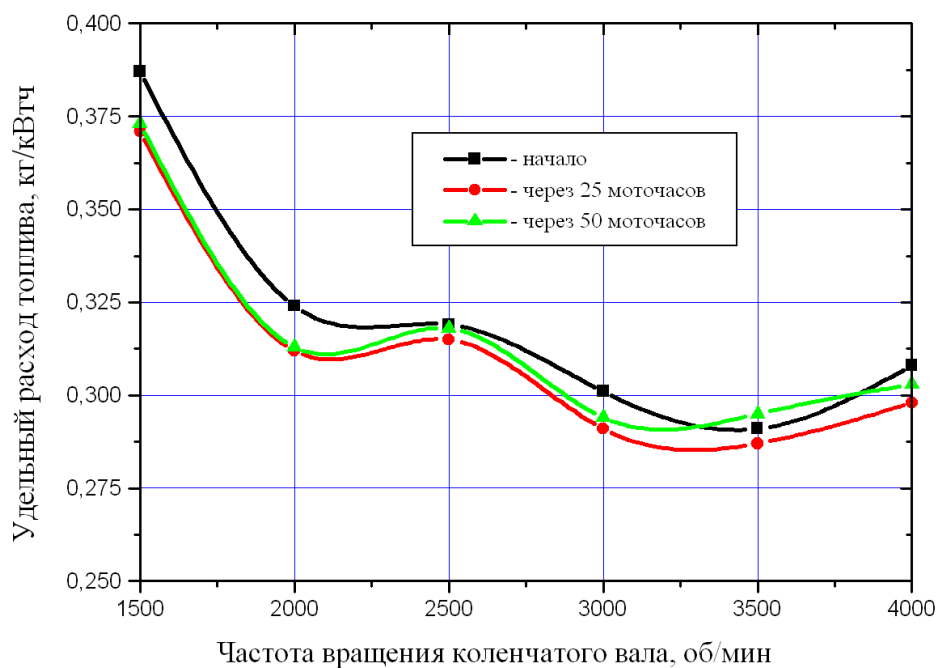


Рис.29. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

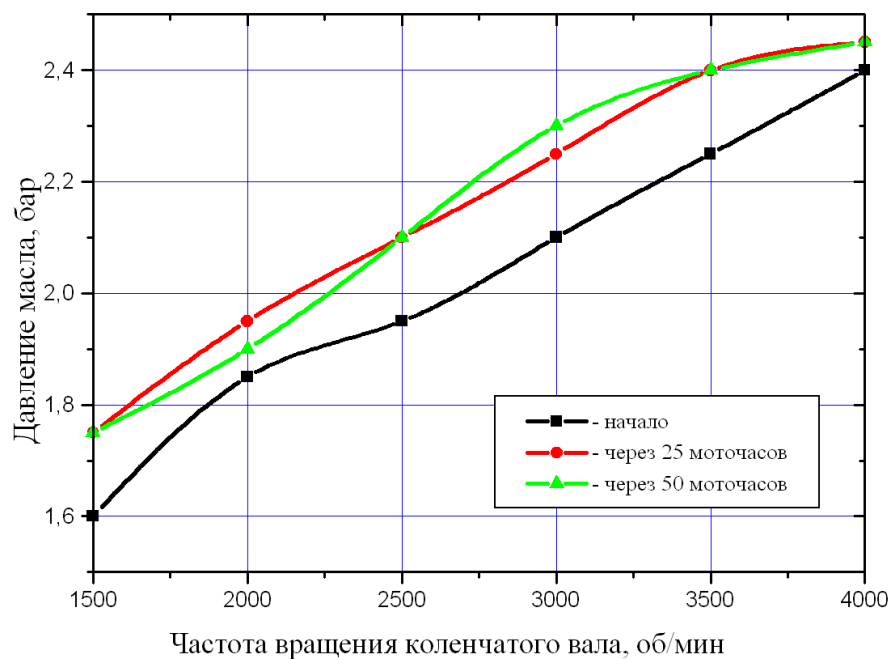


Рис.30. Изменение давления в системе смазывания двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

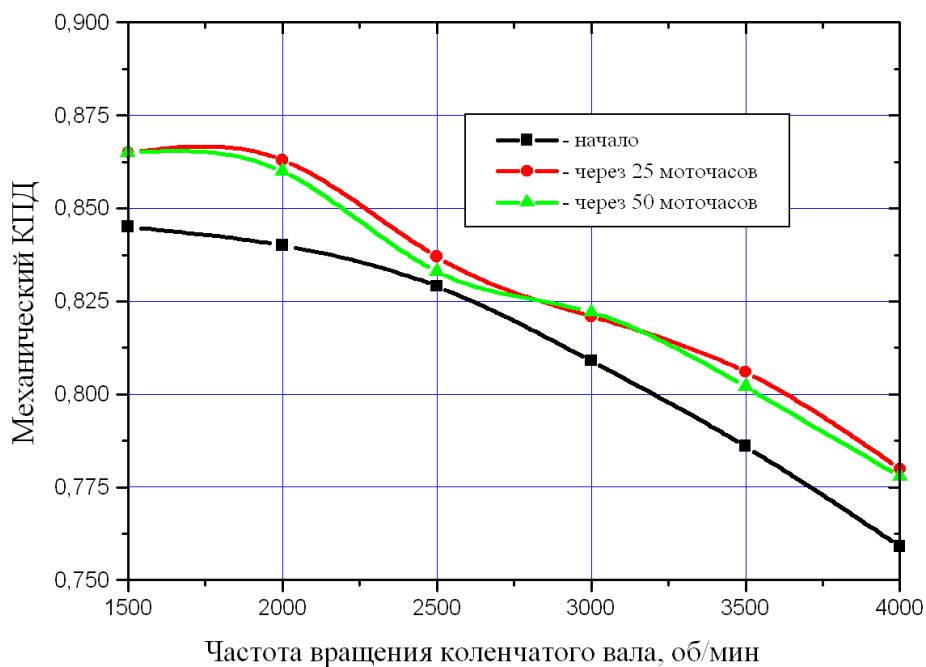


Рис.31. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

**Внешняя скоростная характеристика двигателя
ВАЗ-21083
Длительные испытания, обработка №2**

До обработки

п, об/мин	М _е , Нм	N _е , кВт	G _т , кг/ч	g _е , кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	94,47	14,84	5,59	0,376	0,217	0,867	1,75	84
2000	105,31	22,06	6,96	0,336	0,257	0,857	1,90	91
2500	107,37	28,11	8,77	0,312	0,262	0,833	2,05	93
3000	112,02	35,19	10,34	0,294	0,279	0,821	2,25	94
3500	113,57	41,62	12,12	0,291	0,281	0,802	2,30	95
4000	111,50	46,71	14,37	0,308	0,266	0,774	2,40	97

Через 25 моточасов после обработки

п, об/мин	М _е , Нм	N _е , кВт	G _т , кг/ч	g _е , кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	97,09	15,25	5,47	0,359	0,228	0,874	1,75	83
2000	108,05	22,63	6,97	0,315	0,258	0,871	1,95	90
2500	110,14	28,83	8,78	0,304	0,269	0,846	2,10	92
3000	114,57	35,99	10,07	0,280	0,292	0,830	2,30	93
3500	116,14	42,57	12,23	0,287	0,285	0,811	2,40	93
4000	113,79	47,66	14,26	0,299	0,273	0,789	2,45	95

Через 50 моточасов после обработки

п, об/мин	М _е , Нм	N _е , кВт	G _т , кг/ч	g _е , кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	95,24	14,96	5,53	0,369	0,222	0,868	1,75	84
2000	106,34	22,27	6,98	0,320	0,249	0,862	1,90	91
2500	108,40	28,38	8,79	0,310	0,264	0,838	2,10	92
3000	113,05	35,52	10,25	0,289	0,283	0,825	2,25	94
3500	114,60	42,00	12,05	0,287	0,285	0,804	2,35	94
4000	112,02	46,92	14,21	0,303	0,270	0,778	2,40	96

Табл. 14. Внешние скоростные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», длительные испытания

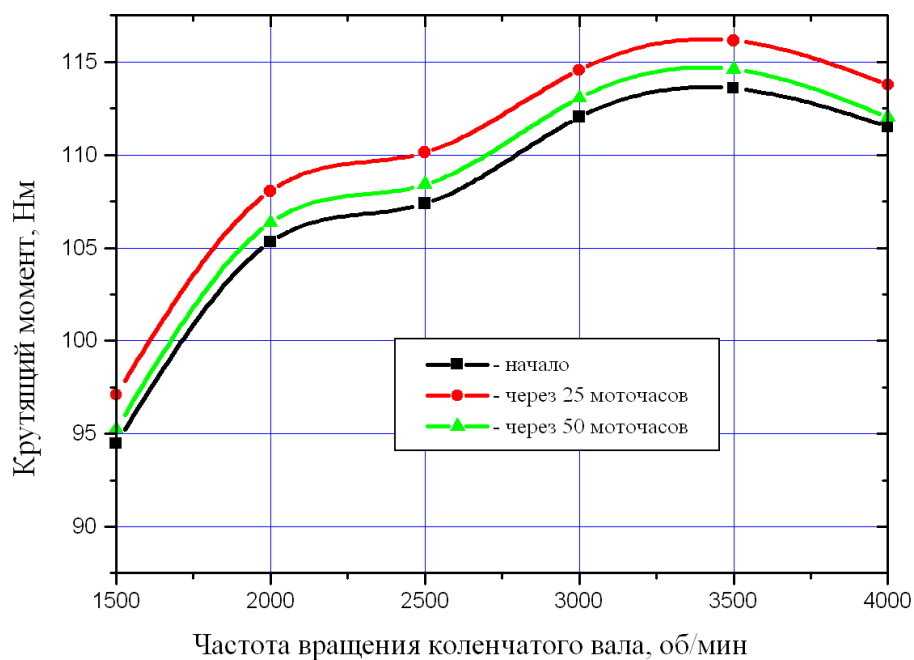


Рис.32. Изменение крутящего момента двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

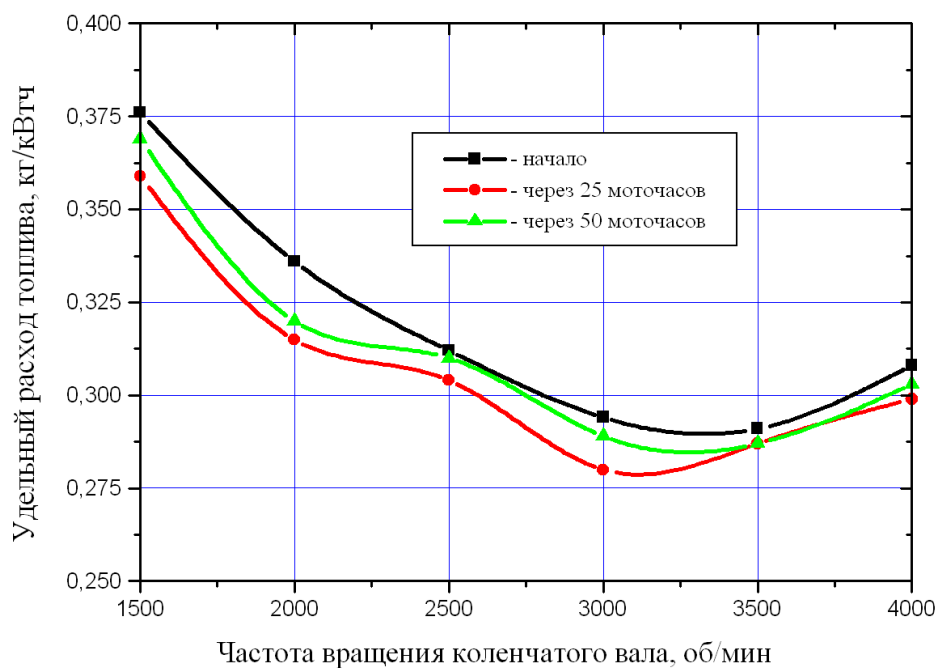


Рис.33. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

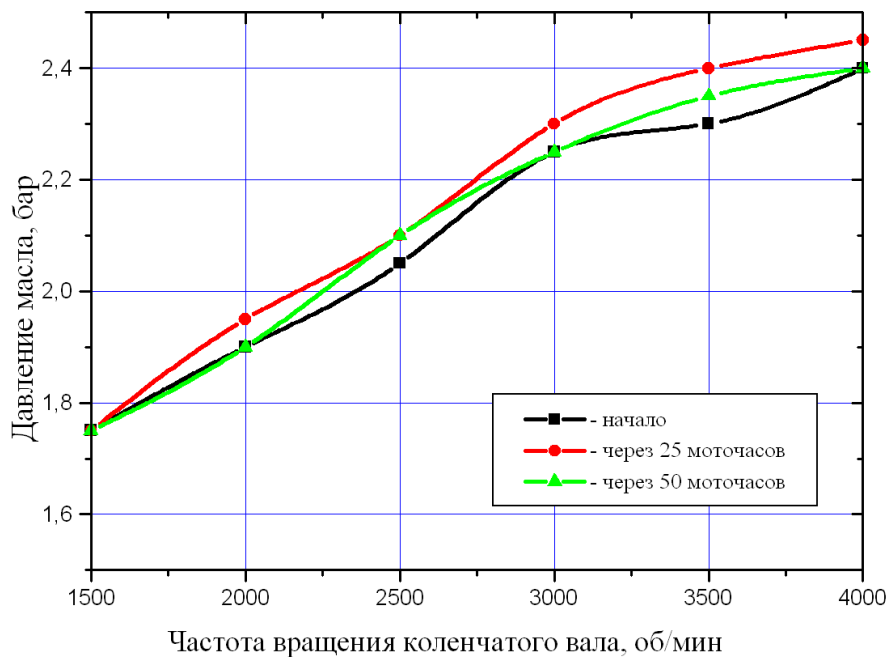


Рис.34. Изменение давления в системе смазывания двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

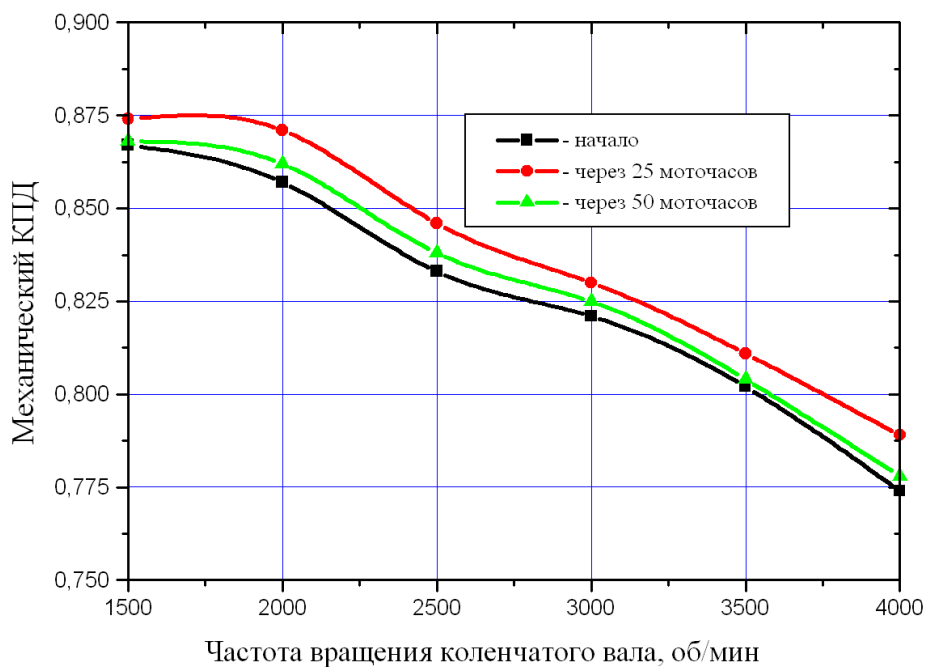


Рис. 35. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

**Внешняя скоростная характеристика двигателя
ВАЗ-21083
Оценка последствий обработки**

Начало

п, об/мин	М _е , Нм	Ne, кВт	G _г , кг/ч	g _е , кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	97,22	15,27	5,47	0,359	0,228	0,874	1,75	84
2000	108,84	22,80	6,99	0,314	0,263	0,875	1,90	91
2500	110,96	29,05	8,76	0,301	0,271	0,847	2,05	93
3000	115,71	36,35	10,45	0,287	0,285	0,834	2,25	94
3500	116,77	42,80	12,32	0,288	0,284	0,812	2,30	95
4000	114,66	48,03	14,03	0,292	0,280	0,793	2,40	96

Через 25 моточасов

п, об/мин	М _е , Нм	Ne, кВт	G _г , кг/ч	g _е , кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	95,63	15,02	5,57	0,371	0,221	0,864	1,70	85
2000	107,26	22,46	6,82	0,319	0,258	0,867	1,85	93
2500	109,37	28,63	8,74	0,305	0,268	0,839	2,00	96
3000	115,18	36,19	10,25	0,283	0,289	0,828	2,15	97
3500	116,24	42,60	12,59	0,295	0,277	0,803	2,25	98
4000	113,07	47,36	14,30	0,302	0,271	0,782	2,30	99

Через 50 моточасов

п, об/мин	Me, Нм	Ne, кВт	G _г , кг/ч	ge, кг/ кВтч	η _е	η _м	P _м , бар	T _м , град.С
1500	94,05	14,77	5,63	0,381	0,215	0,859	1,65	86
2000	105,67	22,13	6,96	0,325	0,248	0,858	1,75	95
2500	108,32	28,36	8,84	0,312	0,262	0,831	1,85	96
3000	113,07	35,52	10,45	0,294	0,278	0,822	2,10	98
3500	113,60	41,64	12,47	0,300	0,273	0,799	2,15	98
4000	111,49	46,70	14,48	0,310	0,264	0,772	2,20	100

Табл. 15. Внешние скоростные характеристики двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», длительные испытания

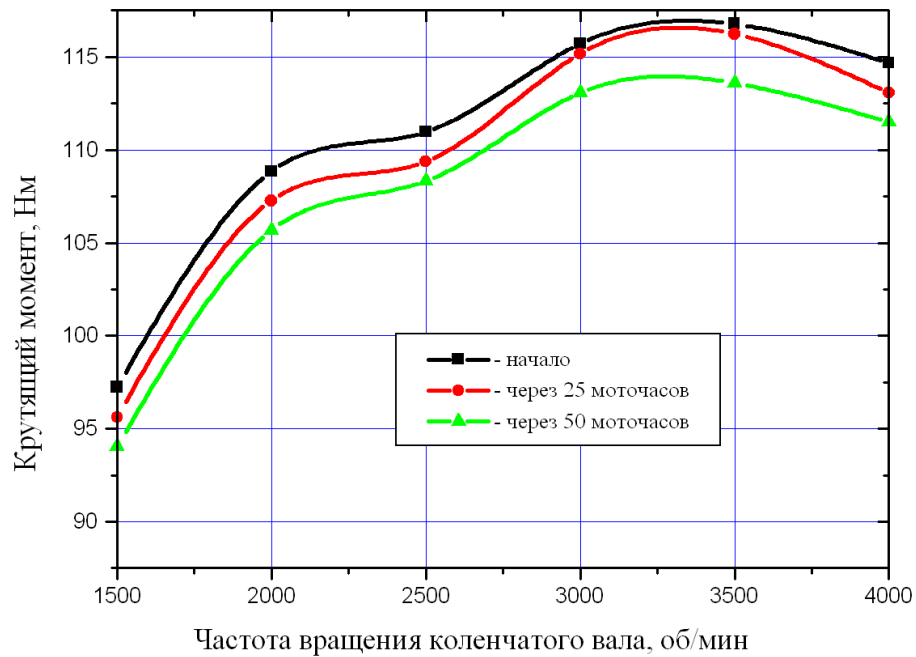


Рис. 36. Изменение крутящего момента двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

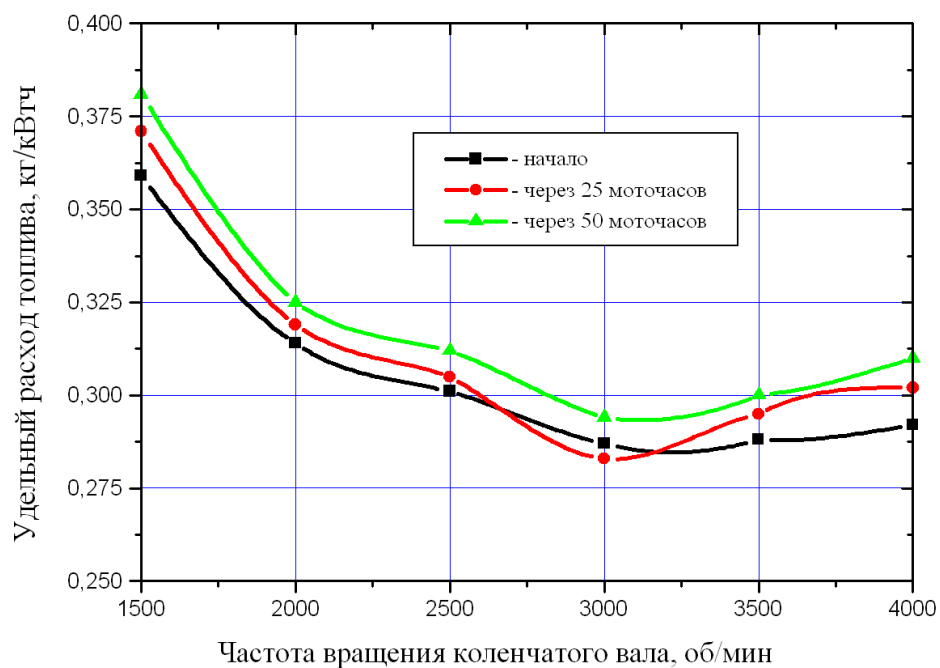


Рис.37. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

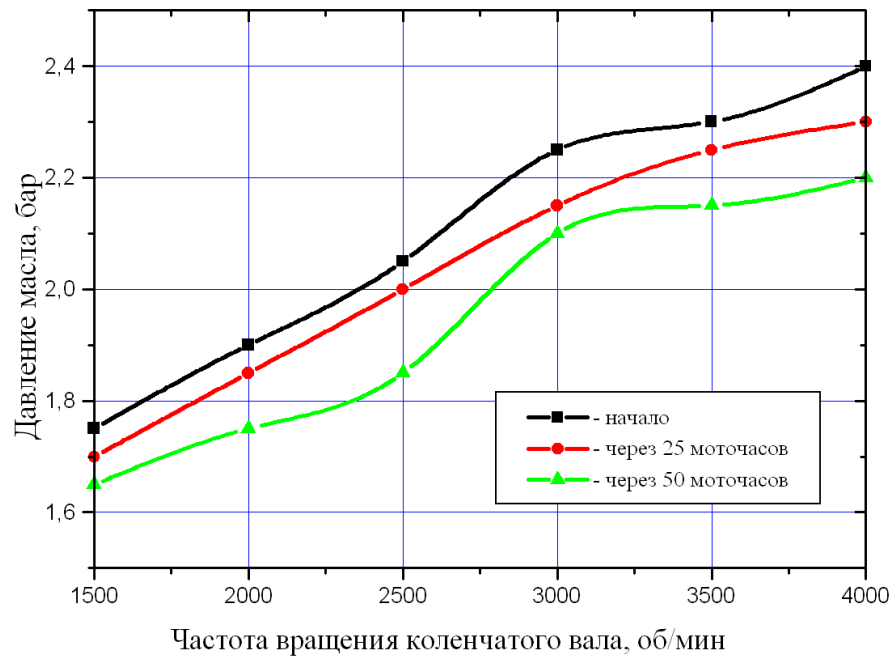


Рис.38. Изменение давления в системе смазывания двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

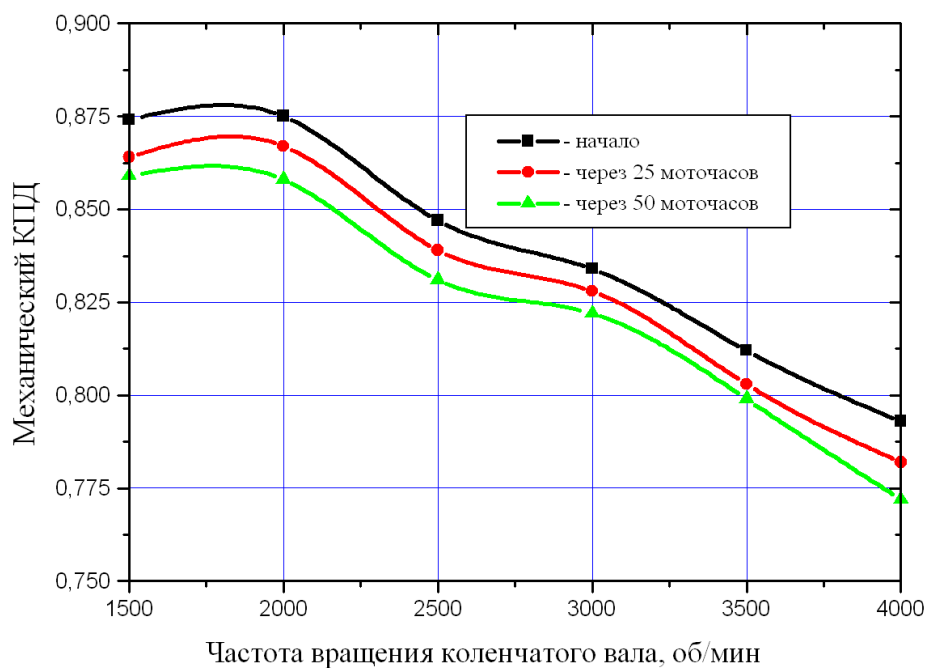


Рис. 39. Изменение механического КПД двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», внешняя скоростная характеристика

В табл. 16...18 сведены результаты замеров момента механических потерь двигателя ВАЗ-21083 на разных стадиях испытаний.

Момент механических потерь двигателя, Нм, на различных стадиях длительных испытаний Обработка 1.			
n, об/мин	До обработки	Через 25 моточасов	Через 50 моточасов
1500	16,5	14,5	14,5
2000	18,0	16,5	17,0
2500	21,5	20,5	21,0
3000	25,5	24,0	24,0
3500	30,5	27,5	28,0
4000	35,0	32,0	32,0

Табл. 16. Результаты замеров момента механических потерь методом прокрутки двигателя на разных стадиях испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», длительные испытания

Момент механических потерь двигателя, Нм, на различных стадиях длительных испытаний Обработка 2.			
n, об/мин	До обработки	Через 25 моточасов	Через 50 моточасов
1500	14,5	14,0	14,5
2000	17,5	16,0	16,0
2500	21,5	20,0	20,0
3000	24,5	23,5	23,5
3500	28,0	27,0	27,5
4000	32,5	31,0	30,5

Табл. 17. Результаты замеров момента механических потерь методом прокрутки двигателя на разных стадиях испытаний после второй обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT», длительные испытания

Момент механических потерь двигателя, Нм, на различных стадиях длительных испытаний Анализ последствий			
n, об/мин	До обработки	Через 25 моточасов	Через 50 моточасов
1500	14,0	15,0	15,5
2000	15,5	16,5	17,5
2500	20,0	21,0	22,0
3000	23,0	24,0	24,5
3500	27,0	28,5	29,5
4000	30,0	31,5	33,0

Табл. 18. Результаты замеров момента механических потерь методом прокрутки двигателя на разных стадиях испытаний, этап оценки последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Результаты замеров расхода топлива на режимах характеристики холостого хода на разных стадиях испытаний сведены в табл. 19...21.

Характеристика холостого хода двигателя ВАЗ-21083 Длительные испытания, после первой обработки	
До обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,91
2000	1,46
2500	1,72
3000	2,14
3500	2,39
4000	3,15
Через 25 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,85
2000	1,29
2500	1,59
3000	2,01
3500	2,17
4000	2,94
Через 50 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,87
2000	1,32
2500	1,54
3000	1,99
3500	2,19
4000	2,97

Табл. 19. Характеристики холостого хода двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Характеристика холостого хода двигателя ВАЗ-21083	
Длительные испытания, после второй обработки	
До обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,85
2000	1,35
2500	1,61
3000	2,02
3500	2,21
4000	3,04
Через 25 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,79
2000	1,24
2500	1,48
3000	1,91
3500	2,10
4000	2,85
Через 50 моточасов после обработки	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,80
2000	1,27
2500	1,50
3000	1,90
3500	2,07
4000	2,88

Табл. 20. Характеристики холостого хода двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний после второй обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Характеристика холостого хода двигателя ВАЗ-21083	
Длительные испытания, оценка последствий	
Начало	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,78
2000	1,24
2500	1,48
3000	1,87
3500	2,04
4000	2,90
Через 25 моточасов	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,82
2000	1,35
2500	1,55
3000	1,93
3500	2,15
4000	3,06
Через 50 моточасов	
n, об/мин	Gт, кг/ч
1500	0,86
2000	1,39
2500	1,60
3000	1,99
3500	2,27
4000	3,18

Табл. 21. Характеристики холостого хода двигателя ВАЗ-21083 на разных этапах испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

По результатам моторной серии испытаний можно сделать следующие выводы:

- Подтверждается вывод, сделанный по итогам первой стадии настоящей работы о положительном влиянии обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT» на техническое состояние искусственно изношенного двигателя, выразившееся в заметном снижении расхода топлива (на 4...6% по итогам первой обработки и дополнительно на 2...3% по итогам второй обработки), некотором росте мощности (на 1...2%);

- Отмечается снижение мощности механических потерь двигателя в среднем на 5...8%, прогрессирующее по мере увеличения концентрации ввода препарата «RESURS NEXT». Эти данные подтверждаются также результатами замеров расхода топлива на режимах характеристики холостого хода;

- Динамика изменения давления и температуры масла в системе смазывания свидетельствуют о наличии тенденции частичного восстановления рабочих поверхностей трения. Об этом же говорит динамика изменения параметров герметичности цилиндров.

Конкретные данные по степени восстановления двигателя, динамике изменения параметров двигателя в процессе всех стадий испытаний при его обработке препаратом «RESURS NEXT» приведены ниже.

5.2.3 Визуальный анализ состояния двигателей по окончании длительных испытаний.

По окончании испытаний двигатели были демонтированы со стенда, разобраны и продиагностированы. Каких-либо замечаний к техническому состоянию двигателей по окончании цикла моторных испытаний всех масел отмечено не было.

5.2.4 Результаты измерения параметров герметичности цилиндро-поршневой группы двигателей по итогам испытаний.

Замеры компрессии в цилиндрах двигателей проводились в начале и в конце каждого цикла испытаний.

Замеры производились при фиксированной частоте вращения коленчатого вала 250 об/мин, задаваемой двигателем стенда. Показания компрессометра усреднялись по трем замерам для каждого цилиндра. Замеры производились при полностью закрытой дроссельной заслонке.

Результаты испытаний сведены в табл. 22...24 и гистограммы на рис. 40...42.

Компрессия по цилиндрам, бар				
Стадия испытаний	Номер цилиндра			
	1	2	3	4
Начало испытаний	9,5	9,8	10,4	8,9
Через 25 моточасов	9,9	10,4	10,5	9,7
	+4,2%	+6,1%	+0,9%	+9,0%
Через 50 моточасов	9,9	10,6	10,6	9,6
	+4,2%	+8,2%	+1,9%	+7,9%

Табл. 22. Результаты замеров компрессии на разных стадиях испытаний, длительные испытания, после первой обработки препаратом «RESURS NEXT»

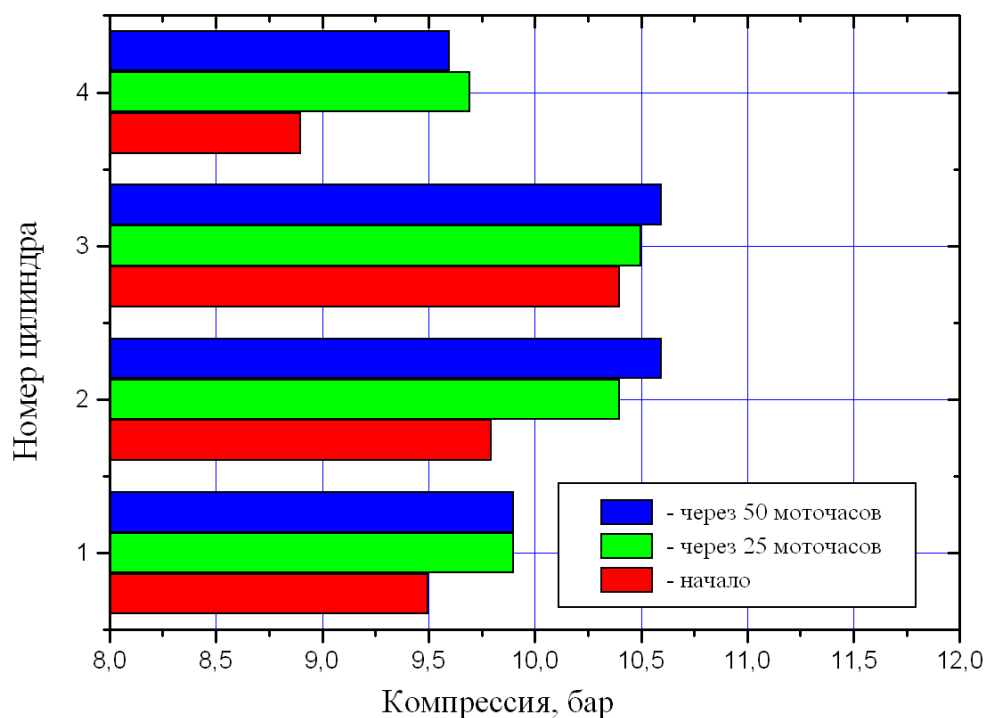


Рис. 40. Изменение компрессии в цилиндрах двигателя на разных стадиях испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Компрессия по цилиндрам, бар				
Стадия испытаний	Номер цилиндра			
	1	2	3	4
Начало испытаний	9,7	10,9	10,5	9,7
Через 25 моточасов	10,1	11,3	10,9	10,2
	+4,1%	+3,5%	+3,8%	+5,1%
Через 50 моточасов	10,0	11,2	11,0	10,2
	+3,1%	+2,8%	+4,8%	+5,1%

Табл. 23. Результаты замеров компрессии на разных стадиях испытаний, длительные испытания, после второй обработки препаратом «RESURS NEXT»

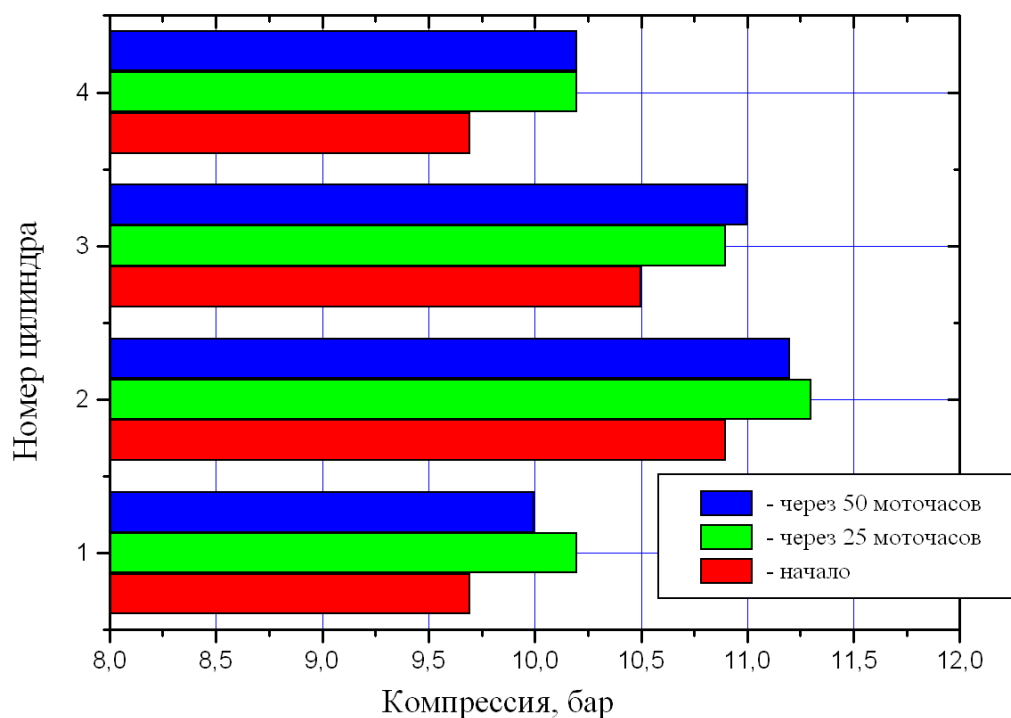


Рис. 41. Изменение компрессии в цилиндрах двигателя на разных стадиях испытаний после второй обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Компрессия по цилиндрам, бар				
Стадия испытаний	Номер цилиндра			
	1	2	3	4
Начало испытаний	10,6	11,7	11,2	10,7
Через 25 моточасов	10,6	11,5	11,4	10,4
	0,0%	-1,7%	+1,8%	-2,8%
Через 50 моточасов	10,2	11,4	11,3	10,1
	-3,8%	-2,6%	+0,9%	-5,6%

Табл. 24. Результаты замеров компрессии на разных стадиях испытаний, длительные испытания, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

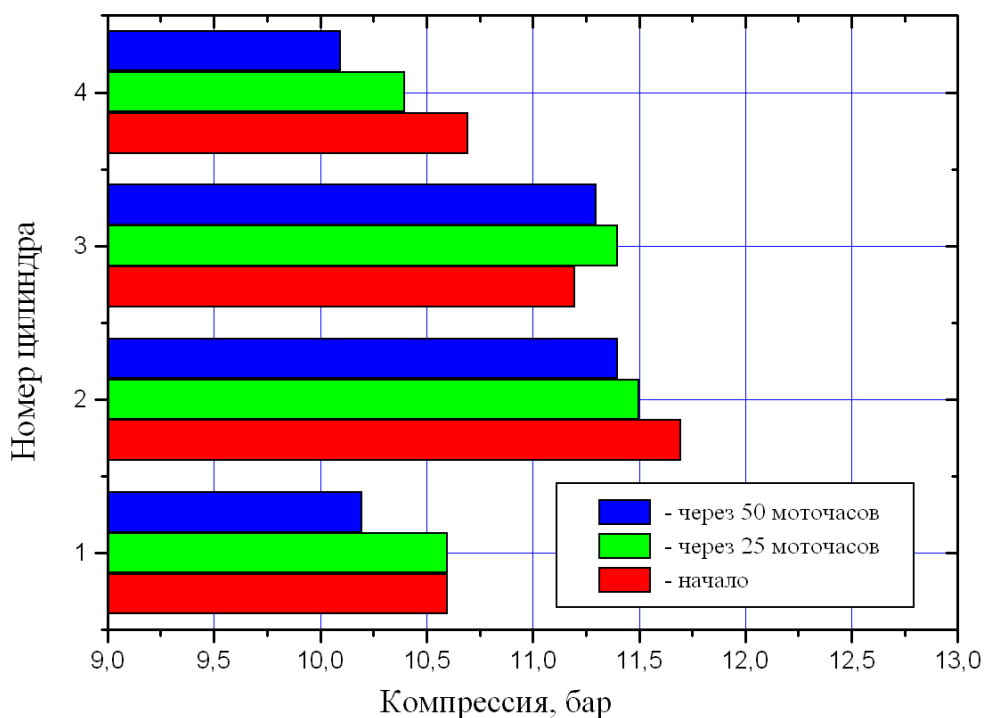


Рис. 42. Изменение компрессии в цилиндрах двигателя на разных стадиях испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Полученные данные позволяют предварительно судить о степени восстановления деталей цилиндропоршневой группы двигателя после проведения обработки препаратом «RESURS NEXT». Из анализа полученных данных следует, что наблюдается определенная тенденция повышения компрессии в цилиндрах двигателя, прогрессирующая по мере увеличения концентрации содержания препарата в масле. После первой обработки зафиксирован рост компрессии в среднем на 6%, после второй – еще на 4%. Таким образом, после двух обработок рост компрессии составил 10%. При этом на этапе оценки последствий работы препарата отрицательная тенденция снижения компрессии начинает проявляться только на конечной стадии испытаний.

5.2.5 Оценка уровня низкотемпературных отложений в двигателе после длительных испытаний

Уровень низкотемпературных отложений в двигателе оценивался по изменению массы контрольных весовых элементов – маслоотражателя, установленного в клапанной крышке, и маслоприемника масляного насоса, установленного в картере двигателя (рис.43). Взвешивание контрольных весовых элементов проводилось на высокоточных аналитических весах (точность измерения – 0.0001 г). Данные взвешивания контрольных весовых элементов сведены в табл. 25...26.



	До, г	После, г	Изменение, мг
Маслоотражатель	115.034	115.052	18
Маслозаборник	228.711	228.747	36

Табл. 25. Массы контрольных весовых элементов после длительных испытаний, первая обработка двигателя препаратом «RESURS NEXT»

	До, г	После, г	Изменение, мг
Маслоотражатель	115.052	115.073	21
Маслозаборник	228.747	228.779	32

Табл. 26 Массы контрольных весовых элементов после длительных испытаний, вторая обработка двигателя препаратом «RESURS NEXT»

	До, г	После, г	Изменение, мг
Маслоотражатель	115.073	115.088	15
Маслозаборник	228.779	228.805	26

Табл. 27. Массы контрольных весовых элементов после длительных испытаний, этап оценки последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Данные замеров показывают достаточно низкую склонность к отложениям, зафиксированную во всех циклах испытаний. Подобные результаты характерны для качественных синтетических масел групп качества по API SL/CF. При этом ввод препарата «RESURS NEXT», как свидетельствуют результаты взвешивания контрольных весовых элементов, незначительно повышает уровень загрязненности двигателя низкотемпературными отложениями по сравнению с его работой на чистом масле.

5.2.6 Оценка уровня высокотемпературных отложений в двигателе после длительных испытаний

Оценка уровня высокотемпературных отложений проводилась на основании визуального анализа уровня загрязненности боковой поверхности поршней двигателя. Оценка производилась группой экспертов с использованием шкалы, аналогичной шкале метода ПЗВ (ГОСТ 5726-2013). В шкале принято – 0 баллов – чистый поршень, 6 баллов – полностью загрязненный. Фотографии поршней двигателей, прошедших циклы длительных испытаний моторных масел, приведены на рис. 44...45.

Баллы экспертных оценок уровня высокотемпературных отложений сведены в табл. 28.

Моторное масло	Отложения на поршнях, баллов, цилиндра номер:				Средний балл
	1	2	3	4	
Лукойл Люкс 5W-30 с препаратом RESURS NEXT, по итогу второго цикла испытаний (100 моточасов)	0.0	0.5	0.0	0.0	0.125
Лукойл Люкс 5W-30 (оценка последствия, через 50 моточасов)	0.0	0.5	0.0	0.5	0.25

Табл. 28. Баллы высокотемпературных отложений на боковых поверхностях поршней после испытания моторных масел

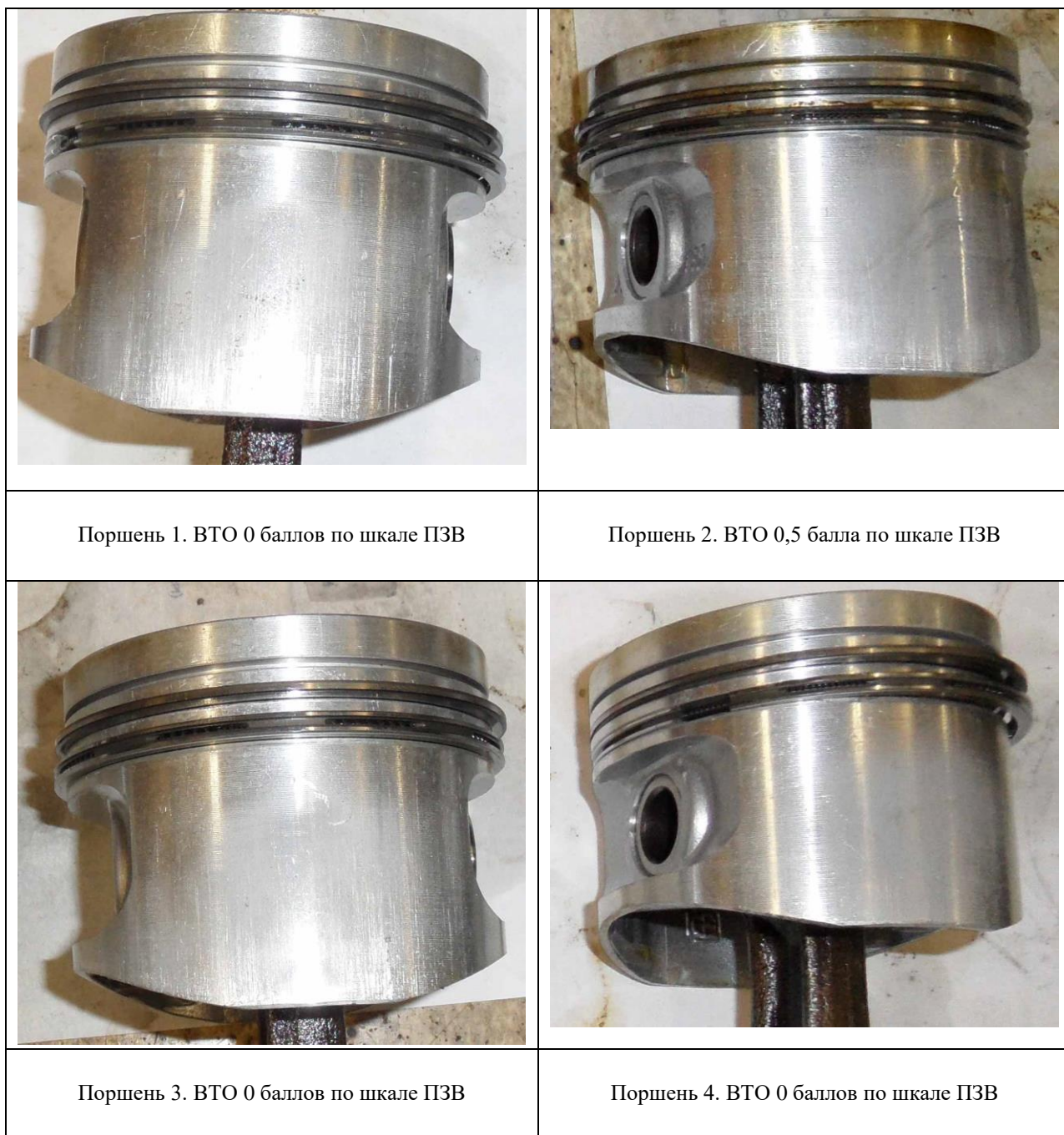


Рис.44. Высокотемпературные отложения (ВТО) после длительных испытаний двигателя (100 моточасов) на моторном масле Лукойл Люкс с добавкой препарата RESURS NEXT

	
<p>Поршень 1. ВТО 0 баллов по шкале ПЗВ</p>	<p>Поршень 2. ВТО 0.5 балла по шкале ПЗВ</p>
	
<p>Поршень 3. ВТО 0 баллов по шкале ПЗВ</p>	<p>Поршень 4. ВТО 0.5 балла по шкале ПЗВ</p>

Рис.45. Высокотемпературные отложения (ВТО) после длительных испытаний двигателя (50 моточасов, оценка последствий препарата RESURS NEXT) на моторном масле Лукойл Люкс

Анализ полученных данных выявляет высокие моющие свойства моторного масла «Лукойл Люкс», при этом добавка в него препарата «RESURS NEXT» в удвоенной по сравнению

рекомендованной Производителем концентрации не привел к увеличению уровня высокотемпературных отложений.

5.2.7 Оценка степени восстановления рабочих поверхностей изношенных деталей при добавлении в моторное масло препарата «RESURS NEXT»

При подготовке двигателя к испытаниям на рабочие поверхности вкладышей подшипников и на поршневые кольца были нанесены искусственные повреждения в виде продольных царапин (рис.46).



Рис. 46. Вкладыш подшипника коленчатого вала с искусственными повреждениями

На каждом этапе испытаний (до испытаний, после первой разборки через 50 моточасов, после второй обработки через 100 моточасов и по окончании испытаний через 150 моточасов) в заданных фиксированных областях рабочих поверхностей в непосредственной окрестности от искусственного дефекта проводилось исследование микропрофиля с измерением среднеарифметического отклонения профиля Ra.

Области замеров шероховатостей поверхностей на вкладышах коленчатого вала и цилиндрах представлены на рис. 47,48. Замеры шероховатости на рабочей поверхности колец производились в зоне замка (точка 1) и на противоположной стороне (точка 2). Результаты измерений сведены в таблицу 29...32.

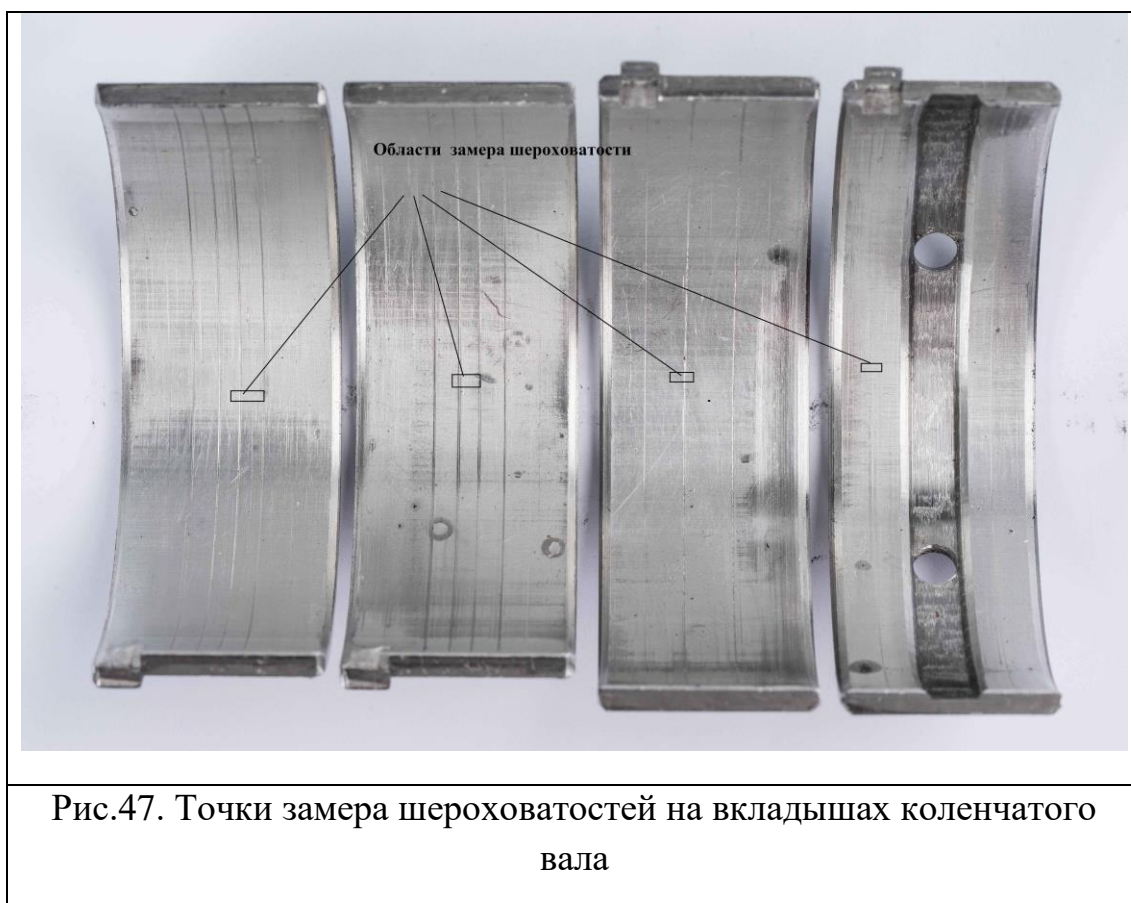


Рис.47. Точки замера шероховатостей на вкладышах коленчатого вала

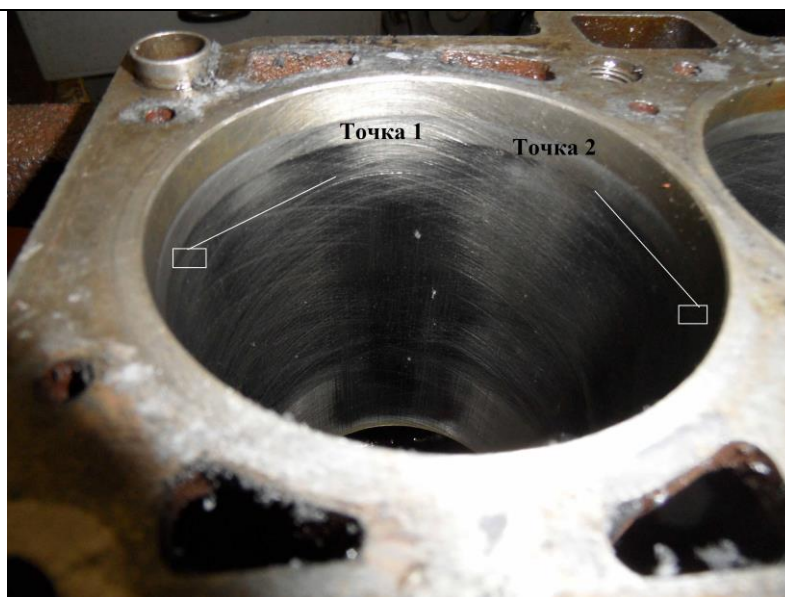


Рис.48. Точки замера шероховатостей на рабочей поверхности цилиндра

Шатунные вкладыши

	Стадия испытаний			
	До обработки	После первой обработки	После второй обработки	По окончании испытаний
№1 Верхний	2,049	1,321	0,317	1,027
№1 Нижний	2,236	0,939	0,592	1,386
№2 Верхний	1,414	0,771	0,639	1,296
№2 Нижний	1,478	0,592	0,559	1,678
№3 Верхний	1,432	0,546	0,503	0,996
№3 Нижний	1,553	0,435	0,389	0,814

№4 Верхний	1,329	0,577	0,563	0,976
№4 Нижний	1,284	0,822	0,765	1,120
Среднее/ % измерения	1,597	0,750/ -53%	0,541/-66%	1,161/-27%

Табл. 29. Результаты измерения параметра Ra в контрольных точках рабочих поверхностей шатунных вкладышей

Коренные вкладыши				
	Стадия испытаний			
	До обработки	После первой обработки	После второй обработки	По окончании испытаний
№1 Верхний	0,320	0,176	0,087	0,287
№1 Нижний	0,414	0,265	0,199	0,425
№2 Верхний	0,454	0,276	0,224	0,365
№2 Нижний	0,378	0,243	0,210	0,287
№3 Верхний	0,896	0,476	0,298	0,710
№3 Нижний	0,381	0,187	0,143	0,341
№4 Верхний	0,716	0,353	0,224	0,665
№4 Нижний	0,356	0,141	0,097	0,229
№5 Верхний	0,867	0,321	0,194	0,667
№5 Нижний	0,330	0,190	0,112	0,278

Среднее/% изменения	0,511	0,263/-49%	0,179/-65%	0,425/-17%
--------------------------------	--------------	-------------------	-------------------	-------------------

Табл. 30. Результаты измерения параметра Ra в контрольных точках рабочих поверхностей коренных вкладышей

Первое поршневое кольцо				
	Стадия испытаний			
	До обработки	После первой обработки	После второй обработки	По окончании испытаний
№1 Точка 1	1,103	0,998	0,870	0,998
№1 Точка 2	0,807	0,652	0,612	0,716
№2 Точка 1	0,791	0,554	0,463	0,654
№2 Точка 2	1,707	1,106	0,990	1,256
№3 Точка 1	0,701	0,545	0,462	0,669
№3 Точка 2	1,910	1,854	1,721	1,811
№4 Точка 1	1,259	0,756	0,768	1,262
№4 Точка 2	0,778	0,635	0,593	0,669
Среднее/% изменения	1,132	0,888/-22%	0,810/-28%	1,004/-11%

Табл. 31. Результаты измерения параметра Ra в контрольных точках рабочих поверхностей первых поршневых колец

Цилиндр	
	Стадия испытаний

	До обработки	После первой обработки	После второй обработки	По окончании испытаний
№1 Точка 1	0,106	0,092	0,084	0,110
№1 Точка 2	0,131	0,106	0,093	0,119
№2 Точка 1	0,174	0,126	0,095	0,136
№2 Точка 2	0,122	0,099	0,075	0,097
№3 Точка 1	0,130	0,105	0,084	0,122
№3 Точка 2	1,584	0,984	0,745	1,385
№4 Точка 1	0,186	0,145	0,136	0,172
№4 Точка 2	0,089	0,081	0,082	0,094
Среднее/% изменения	0,315	0,217/-31%	0,174/-48%	0,279/-11%

Табл. 32. Результаты измерения параметра Ra в контрольных точках рабочих поверхностей цилиндров

Анализ результатов замеров выявляет четко выраженную тенденцию уменьшения степени шероховатости поверхности после обеих стадий обработки двигателя препаратом RESURS NEXT, очевидно, вызванную уменьшением глубины дефектов трения при их плакировании активной компонентой препарата. Для деталей, имеющих «мягкие» рабочие поверхности, этот процесс более выражен. Так, для рабочих поверхностей вкладышей подшипников коленчатого вала, уменьшение параметра Ra составило 50...60% по итогам двух обработок. Для деталей с «твердыми» рабочими поверхностями (хромированные поверхности поршневых колец и рабочая поверхность цилиндров) эффект несколько меньше

(30...40%). Тем самым осуществляется частичное восстановление изношенного двигателя, что косвенно подтверждается повышением компрессии в цилиндрах, снижением мощности механических потерь и давления в системе смазывания, зафиксированных в ходе длительных моторных стендовых испытаний. При этом, при выводе препарата из моторного масла, достигнутые эффекты частичного восстановления заметно снижаются.

Анализ результатов второй стадии исследования

Результаты, полученные по итогам длительных моторных стендовых испытаний двигателя с искусственными повреждениями рабочих поверхностей узлов трения, позволяют сделать следующие выводы:

- Подтверждается вывод, сделанный по результатам первой стадии испытаний о существенном снижении потерь трения, достигаемым обработкой двигателя препаратом «RESURS NEXT». Об этом свидетельствуют данные прямых замеров момента механических потерь, расхода топлива и мощности двигателя, полученные на разных этапах испытаний.

Для анализа полученных эффектов был произведен расчет усредненных за цикл испытаний показателей работы двигателя с использованием описанной выше методики.

Результаты этого анализа сведены в табл. 33...35.

№	Стадия испытаний	Мощность, кВт	Расход топлива, кг/кВтч	Эффект. КПД	CO, %	СН, ppm	NOx, ppm
1	До обработки	101,5	0,409	0,212	0,107	121	2074
2	Через 25 моточасов	104,0	0,389	0,222	0,100	114	1968
		2,5	-5,0	5,1	-5,7	-6,0	-5,1
3	Через 50 моточасов	104,5	0,391	0,221	0,100	116	1981
		3,0	-4,3	4,3	-5,7	-4,6	-4,5

Табл. 33. Усредненные показатели двигателя ВАЗ-21083 на различных стадиях испытаний после первой обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

№	Стадия испытаний	Мощность, кВт	Расход топлива, кг/кВтч	Эффект. КПД	СО, %	СН, ppm	NOx, ppm
1	До обработки	105,2	0,394	0,220	0,105	119	2041
2	Через 25 моточасов	106,6	0,386	0,225	0,099	111	1979
		1,3	-2,2	2,2	-6,1	-7,0	-3,0
3	Через 50 моточасов	106,3	0,386	0,224	0,102	112	1957
		1,0	-2,1	1,8	-3,8	-6,1	-4,1

Табл. 34. Усредненные показатели двигателя ВАЗ-21083 на различных стадиях испытаний после второй обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

№	Стадия испытаний	Мощность, кВт	Расход топлива, кг/кВтч	Эффект. КПД	СО, %	СН, ppm	NOx, ppm
1	Начало	106,3	0,380	0,227	0,098	115	1973
2	Через 25 моточасов	105,3	0,388	0,224	0,106	120	2046
		-0,9	2,2	-1,5	8,9	4,3	3,5
3	Через 50 моточасов	103,5	0,401	0,217	0,107	124	2082
		-2,6	5,4	-4,3	9,2	7,8	5,51

Табл. 35. Усредненные показатели двигателя ВАЗ-21083 на различных стадиях испытаний, оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT»

Цвета шрифта в таблице: зеленый – улучшение параметра, красный – ухудшение параметра, синий – изменение в пределах погрешности измерения

Таким образом, сопоставление результатов, полученных на первой (табл.6) и второй (табл.33,34) стадиях испытаний выявляет большой эффект обработки, достигаемых на двигателях с большим

износом и наличием повреждений рабочих поверхностей узлов трения. Очевидно, это является следствием частичного восстановления штатных условий маслообеспечения подшипников двигателя при плакировании дефектов трения активной компонентой препарата «RESURS NEXT»;

- По результатам испытаний исследовалась динамика изменения основных параметров двигателя в процессе всего цикла испытаний. Замеры производились на двух контрольных режимах (режим №1 - $n=2000$ об/мин, $M_e=20$ Нм; режим №2 - $n=3000$ об/мин, $M_e=40$ Нм). Результаты замеров сведены в табл. 36, 37 и проиллюстрированы графиками на рис. 49...53.

Режим $n=2000$ об/мин, $M_e = 20$ Нм						
Стадия испытаний	Время от начала испытаний, моточасов	Удельный расход топлива, кг/кВтч	Механический КПД	Давление масла, бар	Температура масла, град.С	Содержание СН в ОГ, ppm
До обработки	0,0	0,529	0,536	1,95	90	125
Через 25 моточасов после первой обработки	25,0	0,502	0,560	2,10	85	120
Через 50 моточасов после первой обработки	50,0	0,507	0,553	2,10	84	115
После второй обработки	51,0	0,510	0,549	2,15	85	119
Через 25 моточасов после второй обработки	75,0	0,494	0,569	2,25	83	114
Через 50 моточасов после второй обработки	100,0	0,495	0,560	2,25	84	107
На чистом масле после двух обработок	101,0	0,496	0,549	2,20	85	109
На чистом масле через 25 часов после смены масла	125,0	0,509	0,545	2,15	87	112
На чистом масле через 50 часов после смены масла	150,0	0,519	0,542	2,10	89	118

Табл. 36. Динамика изменения параметров работы двигателя в процессе испытаний, контрольный режим $n=2000$ об/мин, $M_e = 20$ Нм

Режим $n=3000$ об/мин, $M_e = 40$ Нм						
Стадия испытаний	Время от начала испытаний, моточасов	Удельный расход топлива, кг/кВтч	Механический КПД	Давление масла, бар	Температура масла, град.С	Содержание СН в ОГ, ppm
До обработки	0,0	0,322	0,615	2,30	92	128
Через 25 моточасов после первой обработки	25,0	0,307	0,632	2,50	88	105
Через 50 моточасов после первой обработки	50,0	0,311	0,628	2,50	88	109
После второй Обработки	51,0	0,309	0,626	2,45	90	114
Через 25 моточасов после второй обработки	75,0	0,300	0,636	2,55	87	108
Через 50 моточасов после второй обработки	100,0	0,302	0,630	2,60	88	110
На чистом масле после двух обработок	101,0	0,307	0,629	2,60	87	117
На чистом масле через 25 часов после смены масла	125,0	0,313	0,625	2,55	88	120
На чистом масле через 50 часов после смены масла	150,0	0,315	0,622	2,45	90	123

Табл. 37. Динамика изменения параметров работы двигателя в процессе испытаний, контрольный режим $n=3000$ об/мин, $M_e = 40$ Нм

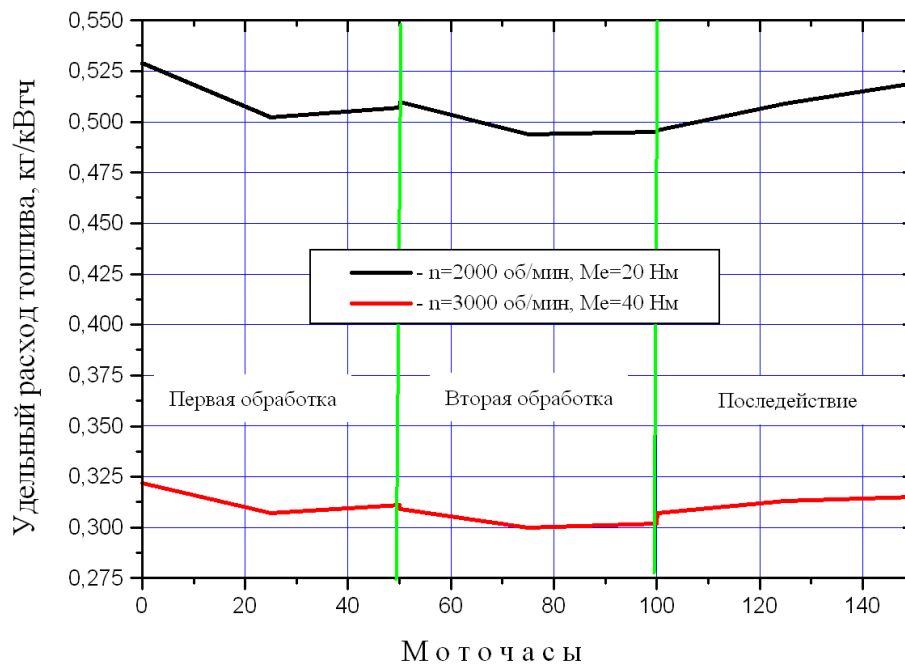


Рис. 49. Динамика изменения удельного расхода топлива двигателя на контрольных режимах в процессе длительных испытаний

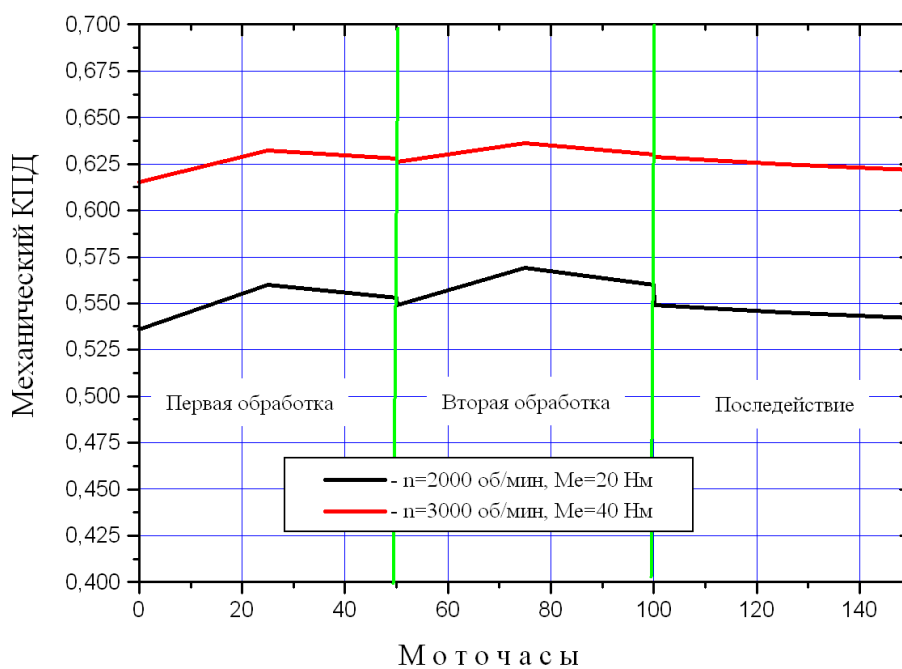


Рис. 50. Динамика изменения механического КПД двигателя на контрольных режимах в процессе длительных испытаний

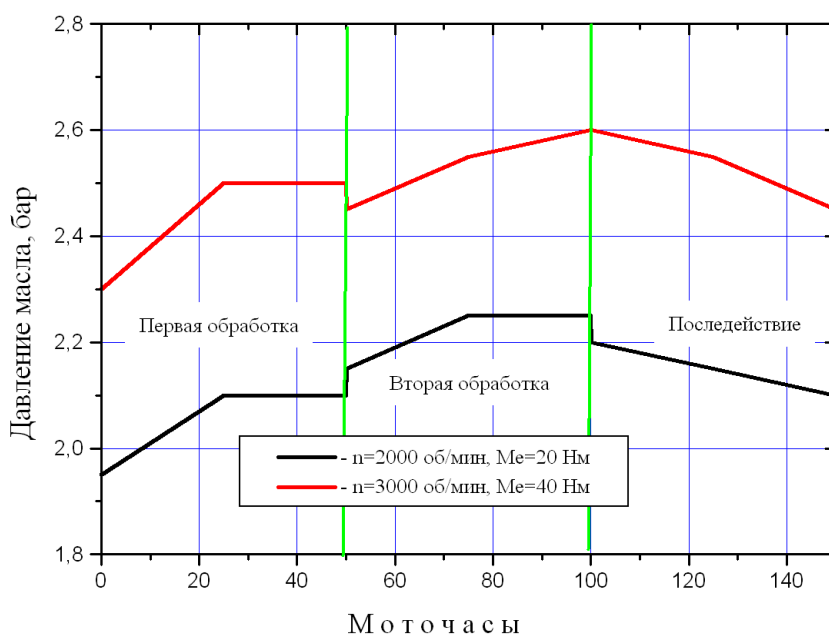
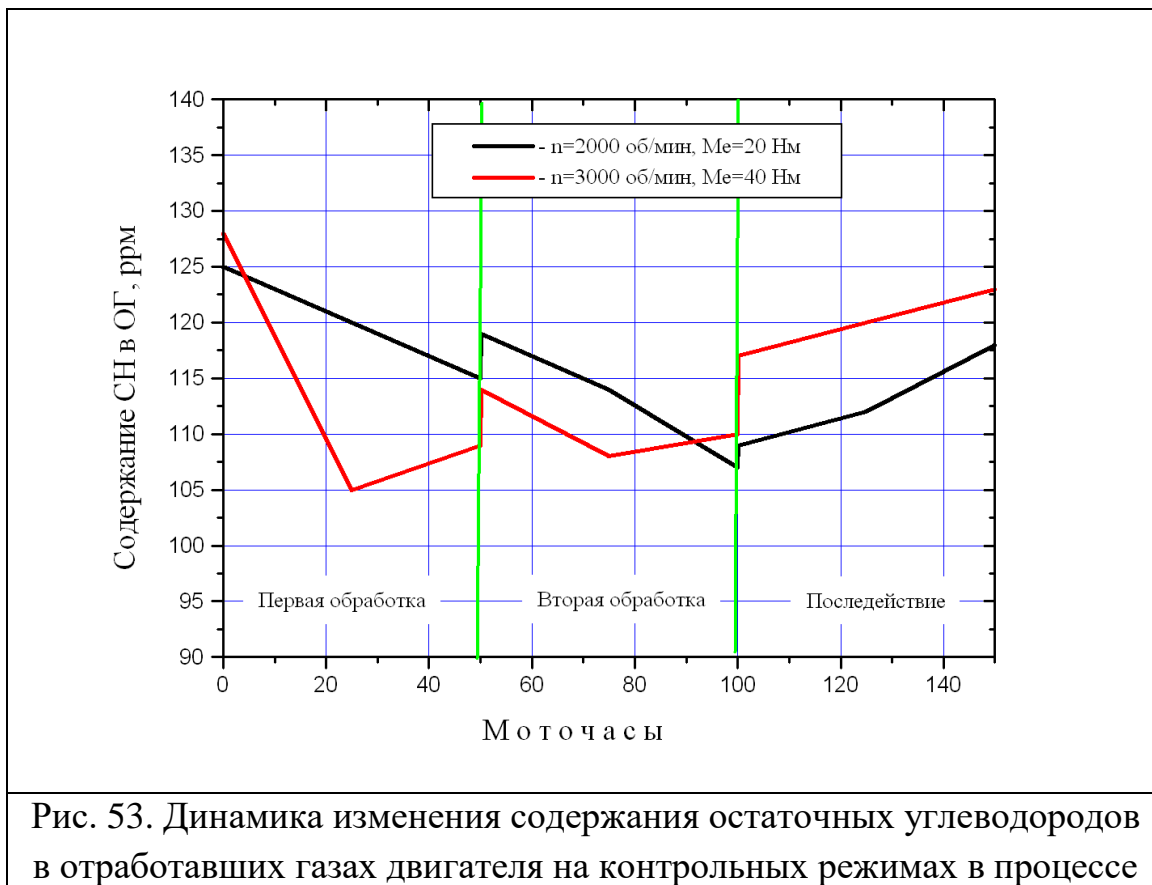
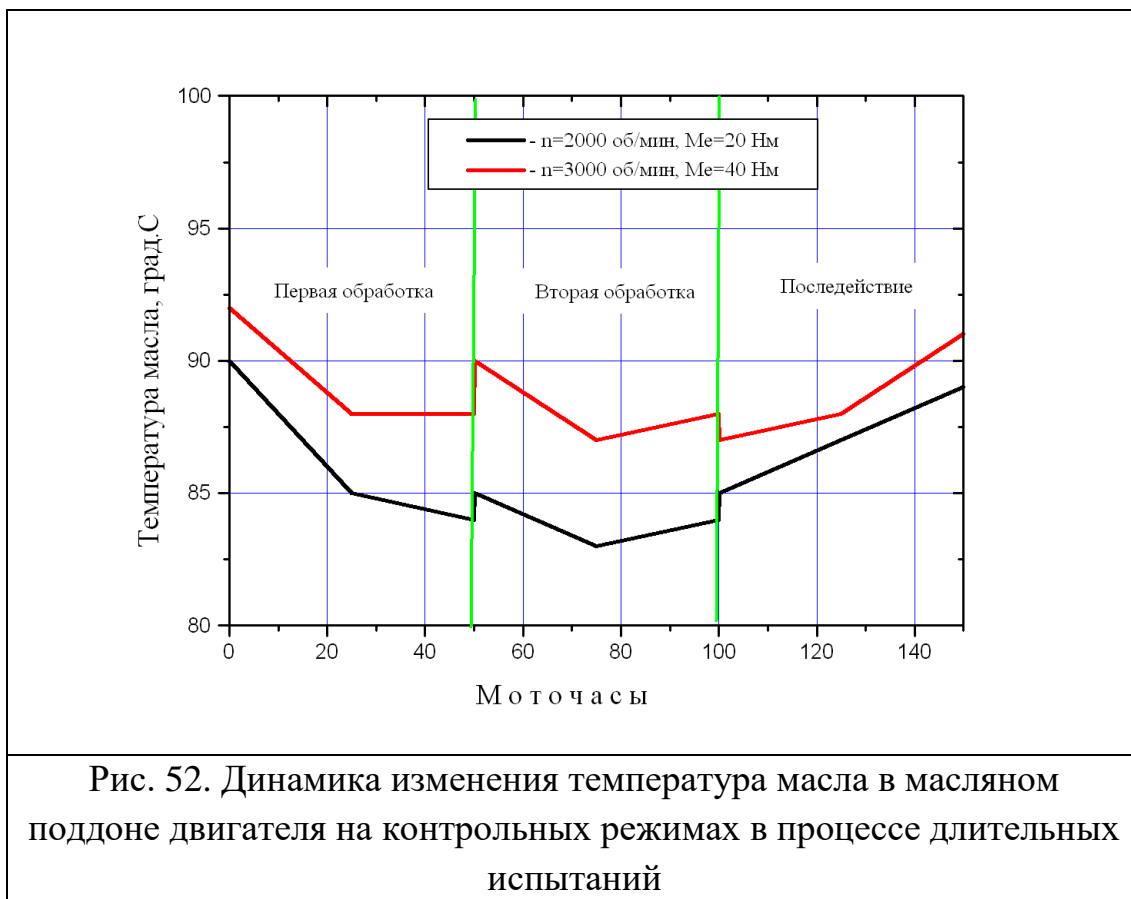


Рис. 51. Динамика изменения давления в системе смазывания двигателя на контрольных режимах в процессе длительных испытаний



длительных испытаний

Анализ полученных данных свидетельствует о большем эффекте работы препарата «RESURS NEXT», достигаемом на первом этапе обработки. Увеличение концентрации содержания препарата в масле, достигаемое при повторной обработке, приводит к сохранению тенденции улучшения работы узлов трения двигателя, однако полученный по итогу второй обработки эффект ниже, чем тот, который был получен после первого ввода препарата в масло.

Вывод препарата из моторного масла (этап оценки последствий) приводит к постепенному снижению эффекта обработки. Однако, по окончании этого этапа (длительность – 50 моточасов, аналог 5000 км пробега), определенное улучшение параметров относительно исходного состояния двигателя сохранилось. Полученные результаты позволяют выдвинуть предположение о динамическом характере эффекта формирования защитного слоя, образуемого активной компонентой препарата «RESURS NEXT», величина которого зависит от его наличия и концентрации в моторном масле. Можно предположить, что постоянное присутствие препарата в масле приводит к стабилизации эффекта на определенном уровне, величина которого зависит от исходного состояния двигателя. Для доказательства этого предположения требуется более длительный цикл испытаний, проводимый на выборке двигателей с различной степенью износа.

6. Выводы по результатам испытаний

Полная совокупность данных, полученных на первом и втором этапе исследования, позволяет сделать следующие выводы:

- Использование препарата «RESURS NEXT» приводит к определенному улучшению технико-экономических показателей автомобильных бензиновых двигателей, выражающемуся в некотором росте мощности (до 2...3%), снижении удельного расхода топлива (в среднем на 2...5%). Наблюдается рост давления масла (на 5...8%) и снижение температуры масла на 3...7° С в системе смазывания. Наблюдается определенная тенденция снижения содержания остаточных углеводородов СН в отработавших газах, прогрессирующая по мере увеличения концентрации ввода препарата «RESURS NEXT» в моторное масло;

- Эффект снижения расхода топлива более выражен при применении препарата «RESURS NEXT» на двигателях со средней и большой степенью износа и наличием повреждений на рабочих поверхностях узлов трения. За счет повышения газоплотности цилиндропоршневой группы (рост компрессии по итогам двух обработок до 10...12%), улучшения условий смазывания и восстановления давления масла в системе смазывания (на 7...12%), достигается уменьшение мощности механических потерь на 8...10% и, соответственно, дальнейшее снижение расхода топлива (на 5...7%) по сравнению с результатом, полученным на исправном двигателе с малой степенью износа;

- Наблюдается четкая тенденция частичного восстановления рабочих поверхностей в ходе обработки двигателя исследуемым препаратом. Об этом свидетельствует динамика изменения основных показателей двигателя, а также данные прямых замеров параметров шероховатости рабочих поверхностей подшипников коленчатого вала, цилиндров и поршневых колец. Параметр Ra на

рабочих поверхностях вкладышей подшипников коленчатого вала по итогам двух обработок снижается на 50...60%, поршневых колец и цилиндров – на 30...40% ;

- Второй этап исследования, проводимый с использованием разных концентраций препарата «RESURS NEXT», показал зависимость эффекта от процента ввода препарата в масло. При этом наибольший эффект обработки достигается на первой стадии, после начального ввода препарата в масло. Увеличение концентрации препарата в масле сохраняет тенденцию улучшения показателей двигателя, однако темп нарастания эффекта заметно падает;

- Оценка последствий обработки двигателя препаратом «RESURS NEXT» показывает, что при выводе его из масла максимальный эффект обработки сохраняется определенное время, после чего проявляется тенденция ухудшения показателей относительно достигнутого ранее эффекта. Однако даже после 50 моточасов работы ранее обработанного двигателя на чистом масле (аналог 5000 км пробега), определенные остаточные эффекты остаются.

- Полученные результаты позволяют выдвинуть предположение о динамическом характере эффекта формирования защитного слоя, образуемого активной компонентой препарата «RESURS NEXT», величина которого зависит от его наличия и концентрации в моторном масле. Можно предположить, что постоянное присутствие препарата в масле приводит к стабилизации эффекта на определенном уровне, величина которого зависит от исходного состояния двигателя. Для доказательства этого предположения требуется более длительный цикл испытаний, проводимый на выборке двигателей с различной степенью износа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

СТАНДАРТ

СДС ГСМ-FLM ММ-003-2009 «МАСЛА МОТОРНЫЕ ДЛЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. Метод сравнительных
испытаний».

С Т А Н Д А Р Т

системы добровольной сертификации топлив, смазочных
масел и технической химии СДС ГСМ-FLM

СТО ММ-003-2009

**МАСЛА МОТОРНЫЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Метод сравнительных стендовых моторных испытаний

Настоящая инструкция устанавливает метод проведения
сравнительных стендовых моторных испытаний моторных масел для

оценки их влияния на технико-экономические показатели и экологические показатели двигателя .

1. СУЩНОСТЬ МЕТОДА

Сущность метода состоит в проведении испытаний образцов моторных масел на оценку их влияния на :

- параметры мощности и экономичности двигателя;
- содержание токсических компонент в отработавших газах двигателя;
- мощность механических потерь двигателя.

Кроме того, в ходе испытаний оценивается степень изменения основных физико-химических параметров моторного масла на начальном периоде его работы в реальных условиях двигателя.

Испытание, моторно-стендовое, проводится на двигателе ВАЗ-2111 либо двигателе ВАЗ-2112 при рабочих температурах и переменных режимах.

Двигатель, используемый для испытаний, находится в полностью исправном состоянии, с незначительной степенью износа.

2. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, РЕАКТИВЫ

Для проведения испытания используется следующее испытательное оборудование, материалы, реактивы:

- двигатель ВАЗ-2111 либо ВАЗ-2112;
- стенд для проведения испытаний двигателей;
- бензин автомобильный неэтилированный «Регуляр» или «Премиум» по ГОСТ Р 51105

3 . П О Д Г О Т О В К А К И С П Ы Т А Н И Ю

3.1 Испытания проводят на двигателе ВАЗ-2111 или ВАЗ-2112 с новой поршневой группой (в сборе) и новыми вкладышами подшипников коленчатого вала.

3.2 Собранный двигатель, установленный на стенд, проходит шестичасовую обкатку на режимах, представленных в табл.1. Обкатка проводится на испытуемом моторном масле. Количество масла, заливаемого в двигатель на стадии обкатки - $(3,5 \pm 0.1)$ л.

Табл.1. Режимы обкатки двигателя

Время, мин	Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Нагрузка на двигатель, Нм
20	800	0,0
20	1500	0,0
20	2000	0,0
30	2000	30,0
30	2500	30,0
30	2500	60,0
30	3000	30,0
30	3000	60,0
30	3500	30,0
30	3500	70,0
30	4500	50,0
30	4500	Мах
30	5600	Мах

3.3 Порядок обкатки

Начало обкатки считать с момента выхода на скоростной режим в соответствии с таблицей 1. Время прогрева двигателя в начале обкатки включить в общее время. Длительность последующих режимов считать с момента изменения скорости вращения коленчатого вала.

Время пусков, остановок и последующих прогревов на режиме обкатки не учитывать.

Во время обкатки температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя не должна превышать (85 ± 5) °С и масла в картере (105 ± 5) °С.

3.4 После завершения обкатки:

3.4.1 Замерить компрессометром давление сжатия во всех цилиндрах, которое должно быть не ниже 1,20 мПа.

3.4.2 Замерить прибором контроля герметичности цилиндропоршневой группы параметры полного и остаточного вакуума в цилиндрах. Значение «полный вакуум» должно быть не ниже 0.82, «остаточный вакуум» - не выше 0.36.

3.4.3 После завершения всех после обкаточных мероприятий моторное масло из двигателя слить, установить новый масляный фильтр. Слив масла производится из горячего двигателя, не менее 180 минут.

3 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1 Произвести замену моторного масла по следующей процедуре (для удаления остатков моторного масла, использованного в предыдущей серии испытаний):

4.1.1. Запустить двигатель, прогреть на режиме холостого хода до достижения температуры масла в поддоне двигателя не ниже 80 град. С.

4.1.2. Остановить двигатель, отвернув пробку масляного поддона, слить моторное масло в течение не менее 120 минут.

4.1.3. Залить в двигатель 1.5 литра испытуемого масла, завести двигатель, отработать на режиме холостого хода 5 мин.

4.1.4. Остановить двигатель, слить моторное масло в течение 20 минут.

4.1.5. Залить в двигатель 1.5 литра испытуемого масла и повторить процедуру п. 4.1.3...4.1.4.

4.1.6. Сменить масляный фильтр на новый.

4.2 В двигатель залить $(3,5 \pm 0,1)$ л испытуемого масла, при этом уровень в картере должен быть на максимальной отметке указателя уровня масла.

4.3 В помещении, где находится стенд для проведения испытания двигателя, температура не должна превышать плюс 40 °С, относительная влажность должна быть в пределах от 60 % до 80 %.

4.4 Двигатель запустить, прогреть на фиксированном режиме работы до полной стабилизации температур охлаждающей жидкости и моторного масла в масляном поддоне двигателя. Произвести измерения параметров работы двигателя (крутящего момента, частоты вращения коленчатого вала, мгновенного расхода воздуха, давления масла в системе смазывания, температур охлаждающей жидкости, отработавших газов и моторного масла), а также параметров токсичности отработавших газов по компонентам CO, CH, CO₂, NO_x на режимах согласно табл. 2.

№ режима	Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Нагрузка на двигатель, нм
1	2000	20,0
2	2000	40,0
3	2000	60,0
4	2000	80,0
5	2000	Max
6	2500	Max
7	3000	Max
8	3500	Max
9	3000	80,0
10	3000	60,0
11	3000	40,0
12	3000	30,0

Табл.2. Режимы замера контрольных характеристик

4.6.3 Измерения проводить после полной стабилизации температур масла и охлаждающей жидкости, по три замера каждого параметра на каждом режиме согласно табл. 2. Перед началом цикла измерений инжекторный двигатель остановить, обнулить память блока управления путем обесточивания двигателя не менее 60 с, далее восстановить питание.

4.6.4 Измерения момента механических потерь методом прокрутки от стенда по следующей процедуре:

4.6.4.1 Прогреть двигатель до рабочей температуры масла по показаниям указателя температуры масла в поддоне.

4.6.4.2 Перекрыть подачу топлива в двигатель и работать до полной выработки топлива в топливной и измерительных системах, после чего выключить зажигание.

4.6.4.3 Зафиксировать температуру масла в начале цикла замера момента механических потерь.

4.6.4.4 С помощью электродвигателя стенда вывести двигатель на режим с частотой вращения коленчатого вала и положением дроссельной заслонки согласно табл.4 , зафиксировать момент механических потерь и температуру масла в поддоне.

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Открытие дросселя, %	Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Открытие дросселя, %
300	0		
500	0	4000	100
800	0	3500	100
1000	0	3000	100
1500	0	2500	100
2000	0	2000	100
2500	0	1500	100
3000	0	1000	100
3500	0	800	100
4000	0	500	100
		300	100

Табл.4. Режимы измерения момента механических потерь

4.6.4.5 По окончании цикла измерений включить подачу топлива и зажигание, вывести двигатель на режим 3000 об/мин, 80 нм и поработать на этом режиме 10 мин, после чего цикл испытаний по измерению момента механических потерь считается завершенным.

4.7 По окончании цикла испытаний каждого образца моторного масла произвести отбор проб масла на анализ в следующем порядке:

4.7.1 Сразу по завершении этапа двигатель остановить на 20 мин. Во время остановки отобрать пробоотборником из отверстия для указателя уровня масла 300 мл масла (для промывки пробоотборника), а затем отобрать пробу масла на анализ в объеме 100 мл.

4.8 Испытание считать оконченным если:

- отработан полный цикл испытаний;
- уровень масла упал ниже минимальной отметки указателя уровня масла.

- возникла аварийная ситуация, устранение которой требует разборки двигателя и замены контролируемых деталей, либо существенного изменения регулировок двигателя (системы питания или зажигания).

4.9 В конце испытания каждого масла произвести его слив и промывку двигателя по процедуре п.4.1. Отработанное масло перелить в чистую канистру и оставить на хранение. Хранение образцов испытанных масел осуществлять в течение 6 месяцев.

4.10 Для отобранных проб моторного масла выполнить определение физико-химических параметров в следующем объеме :

№	Наименование параметра	Метод определения
1	Плотность	ASTM D 1298
2	Кинематическая вязкость	ASTM D 445
3	Кинематическая вязкость при 150 град.С	Метод СПбГПУ

4	Щелочное число	ГОСТ 11362
5	Массовая доля активных элементов	ASTM D 4927
6	Трибологические характеристики	ГОСТ 9490
7	Температура потери текучести и застывания	ASTM D 97

4.11 Разборка двигателя или изменение его регулировок, способных повлиять на результаты испытаний, в процессе всей серии испытаний выборки масел, не допускается. В случае возникновения необходимости устранения неполадок, требующих разборки двигателя, серию испытаний повторить.

5 . О Ц Е Н К А Р Е З У Л Ь Т А Т О В И С П Ы Т А Н И Я

5.1 Данные измерений параметров мощности, расхода топлива, момента механических потерь и токсичности отработавших газов привести к нормальным атмосферным условиям, оценить изменение их изменение в ходе испытаний.

5.2 Оценка результатов испытаний проводится по сопоставлению усредненных за цикл испытаний параметров эффективной мощности на режимах внешней скоростной характеристики, удельного расхода топлива, мощности механических потерь, содержания токсических компонент в отработавших газах.

5.3 Сопоставление проводится с аналогичными результатами, полученными при испытаниях моторного масла, принятого за базовое.