

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Кафедра «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств»

Индекс УДК 621.43
№ государственной
регистрации _____
Инвентарный № _____


УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель проректора по научной работе

/Сергеев В.В./
06.12.16

О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе

«Исследование влияния многофункциональной присадки к топливу
«Энергия-3000» на склонность к отложениям и нагарообразование в камере
сгорания автомобильного бензинового двигателя»
(наименование темы и отчета)

Шифр темы / № работы 143225607

Руководитель испытаний,
к.т.н., профессор



Шабанов А.Ю.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016

Список исполнителей:

Шабанов А.Ю., к.т.н., профессор,
эксперт системы СДС ГСМ-FLM (сертификат компетентности эксперта №
РОСС RU.И480.04ХД.Э004) - ответственный исполнитель работы

Зайцев А.Б., к.т.н., доцент

Содержание работы

	Стр.
Цель проведения работы	3
Методика стендовых испытаний	4
Объект испытаний	4
Описание стенда и измерительной аппаратуры	5
Результаты испытаний	8
Выводы по работе	28
Приложение 1	30

1. Цель проведения работы

Целью настоящей работы явилось сравнительное исследование влияния комплексной присадки к автомобильному бензину «ЭНЕРГИЯ-3000» (далее – Е3000) на нагарообразование и склонность к отложениям в камере сгорания двигателя.

Полученная информация может быть использована в целях оптимизации состава комплексной присадки и технологии ее получения, а также в рекламных и иллюстративных целях при подготовке публикаций различного характера.

2. Методика стендовых испытаний

При проведении испытаний использовалась методика, предписанная Стандартом Системы добровольной сертификации топлив, смазочных масел и технических жидкостей СДС ГСМ-FLM 013-2012.

Для базового и испытуемых композиционного бензинов работа выполняется в следующей последовательности:

- Разборка двигателя, выемка поршней, очистка поршней, цилиндров и огневой поверхности головки цилиндров от нагаров. Взвешивание впускных и выпускных клапанов, инжекторов, свечей зажигания на аналитических весах.
- Сборка двигателя, установка его на стенд.
- Снятие начальных характеристик двигателя (крутящего момента, частоты вращения коленчатого вала, мгновенного расхода топлива, температуры отработавших газов, токсичности отработавших газов по компонентам CO, CH, NO_x, а также содержания в отработавших газах CO₂ и остаточного кислорода O₂) на режимах двух нагрузочных характеристик при n=2000 и 3000 об/мин в диапазоне

нагрузок от 10 Нм до 40 Нм) ;

- Нарботка двигателя на испытуемом топливе 12 моточасов двумя циклами по программе:

Длительность работы, мин	Режим работы	
	Частота вращения к.в., об/мин	Нагрузка, Нм
30	1000	0,0
30	1500	10,0
240	3000	20,0
30	1500	10,0
30	1000	0,0

Допускается прерывание испытаний между циклами на срок не превышающий одних суток.

- Снятие итоговых характеристик по программе п. 2.1.
- Разборка двигателя, визуальный анализ отложений. Удаление остатков масла с деталей промывкой растворителем, взвешивание впускных и выпускных клапанов, свечей зажигания и инжекторов на аналитических весах.
- Обработка результатов измерений, оформление Отчета по испытаниям.

Испытания проводятся для базового образца бензина АИ-95 с добавлением:

- топливной компоненты «Энергия-3000» в концентрациях 0.15 и 0.3% по объему;
- октаноповышающей присадки R200 в концентрации 1.0% по объему.

- топливной компоненты «Энергия-3000» в концентрации 0.3% по объему – на состояние двигателя после испытаний октаноповышающей присадки R200.

3. Объект исследований

В качестве объекта исследований был выбран бензиновый инжекторный восьмиклапанный автомобильный двигатель ВАЗ-2111 производства ОАО «АвтоВАЗ».

4. Описание испытательного стенда и измерительной аппаратуры

Моторные испытания двигателя ВАЗ-2111 проводились на испытательном стенде лаборатории ДВС кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных систем» ФАГОУ ВО «СПбПУ Петра Великого».

Двигатель был установлен на тормозном стенде типа «MS-VSETIN», оборудованных измерительной аппаратурой, позволяющей контролировать основные параметры работы двигателей.

В процессе испытаний использовалось следующее измерительное оборудование:

Сведения об измерительном оборудовании:

Газоанализаторы:

Измеряемый параметр	Модель, тип прибора	Диапазон измерения	Концентрация поверочного газа	Погрешность, %
Концентрация NO _x	ОПТОГАЗ 500-1, №19-4-04	0...5000 ppm	1035 ppm	±2,0
Концентрация СО	ОПТОГАЗ 500-1, №19-4-04	0...5000 ppm	2000 ppm	±2,5
Концентрация СО ₂	ОПТОГАЗ 500-1, №19-4-04	0...20%	4.12%	±2,5
Концентрация О ₂	ОПТОГАЗ 500-1, №19-4-04	0...25%	20.8%	±2,5

Концентрация СН	ОПТОГАЗ 500-1, №19-4-04	0...10000 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	50-7000	±1,6
Крутящий момент, Н м	Электрический тормоз	MS-Vsetin	0-500,0	±1,0
Расход воздуха, кг/час	Расходомер	РГУ-4	0 – 500,0	±1,0
Мгновенный расход топлива, кг/час	Штихпробер-ный электронный расходомер	Д-1	0.2...50.0	±0,5
Средства измерения вспомогательных величин				
Температуры:				
Хладагента, град.С	Терморезистор	Штатный прибор двигателя	0-150	±4,0
Смазочного масла, град.С	Термопара	КСПЗ-П	0-150	±4,0
Отработанных газов, град.С	Термопара ХА	КСПЗ-П	50-800	±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
Давление:				
Атмосферное, мм.рт.ст	Барометр	М-98	300-800	±0,2
На всасывании, бар	Манометр	МТИ	0-2,5	±1,9
Влажности:				
Воздуха на впуске,%	Психометр	М-34	0-100	±1,0

Дополнительный контроль параметров осуществлялся с помощью штатной системы диагностики и управления двигателем с выводом информации на компьютер.

При испытаниях использовалось синтетическое смазочное масло SAE 5W-40 API SM/CF.

5. Результаты испытаний

Замеры характеристик двигателя производились на двух нагрузочных характеристиках при $n=2000$ и 3000 об/мин в эксплуатационном диапазоне изменения нагрузок, предписанном методикой. Работа двигателя на высоких нагрузках как при замерах характеристик, так и при длительной накатке не допускалась во избежание влияния температурной самоочистки двигателя. Замеры проводились в начальной стадии испытаний, на промежуточной стадии (через 6 моточасов) и по окончании испытаний. Результаты испытаний сведены в таблицы 1-10.

В таблицах использованы следующие обозначения:

n – частота вращения коленчатого вала двигателя;

M_e – эффективный крутящий момент;

G_t – часовой расход топлива;

g_e – удельный расход топлива;

η_e – эффективный к.п.д.;

CO – содержание окиси углерода в отработавших газах двигателя;

NO – содержание окиси азота в отработавших газах двигателя;

O_2 – содержание остаточного кислорода в отработавших газах двигателя;

CH – содержание остаточных углеводородов в отработавших газах двигателя.

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=2000 об/мин
Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19,89	4,17	0,556	0,147	1,043	0,975	171	1712	14,09	398
2	40,78	8,54	0,376	0,217	1,038	0,980	184	2556	14,04	436
3	59,68	12,50	0,323	0,253	1,036	1,210	188	2740	14,11	495
Через 6 моточасов										
1	20,33	4,26	0,555	0,147	1,046	0,970	175	1684	14,11	400
2	40,17	8,41	0,377	0,217	1,038	0,968	186	2610	14,07	434
3	60,01	12,57	0,325	0,251	1,034	1,245	191	2725	14,14	496
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	19,95	4,18	0,559	0,146	1,044	0,961	178	1710	14,15	402
2	40,90	8,57	0,379	0,216	1,035	0,975	184	2684	14,15	436
3	60,85	12,74	0,325	0,252	1,030	1,211	187	2749	14,11	497

Табл.1 Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине при испытания на нагарообразование, n=2000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=3000 об/мин
Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19,95	6,27	0,482	0,170	1,025	0,918	129	2219	14,42	485
2	39,90	12,54	0,346	0,236	1,019	0,860	136	3180	14,48	523
3	59,85	18,80	0,290	0,283	1,015	0,776	143	3552	14,54	576
Через 6 моточасов										
1	19,95	6,27	0,484	0,169	1,028	0,903	131	2201	14,40	487
2	40,90	12,85	0,344	0,238	1,024	0,869	136	3214	14,44	522
3	59,85	18,80	0,291	0,281	1,020	0,762	147	3517	14,52	574
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	20,45	6,42	0,476	0,172	1,022	0,912	135	2189	14,44	492
2	39,90	12,54	0,346	0,236	1,020	0,876	139	3235	14,48	524
3	59,85	18,80	0,289	0,283	1,020	0,779	145	3505	14,51	576

Табл.2 Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине при испытания на нагарообразование, n=3000 об/мин

Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=2000 об/мин Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»+ 0,15%Е3000										
N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	СН, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19,40	4,06	0,558	0,148	1,052	1,042	156	1815	13,87	398
2	39,79	8,33	0,365	0,224	1,045	0,994	166	2623	14,00	436
3	59,68	12,50	0,314	0,260	1,039	1,287	168	2791	14,02	495
Через 6 моточасов										
1	20,01	4,19	0,549	0,149	1,049	0,962	168	1710	14,07	397
2	41,02	8,59	0,367	0,223	1,040	0,954	181	2655	14,10	432
3	60,02	12,57	0,321	0,255	1,035	1,254	187	2784	14,10	490
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	20,57	4,31	0,526	0,155	1,042	0,955	161	1744	14,01	395
2	40,14	8,41	0,367	0,223	1,040	0,947	176	2701	14,11	428
3	60,20	12,61	0,316	0,259	1,036	1,237	184	2799	14,12	485

Табл.3. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,15%) при испытаниях на нагарообразование, n=2000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=3000 об/мин
Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»+0,15% Е3000**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	T_{ог}, град. С
Начало испытаний										
1	20,95	6,58	0,452	0,181	1,036	0,935	114	2274	14,36	485
2	40,40	12,69	0,336	0,244	1,030	0,882	120	3240	14,40	523
3	60,35	18,96	0,281	0,292	1,024	0,812	123	3595	14,47	576
Через 6 моточасов										
1	19,57	6,15	0,456	0,188	1,031	0,923	132	2249	14,34	482
2	40,64	12,77	0,323	0,249	1,028	0,874	134	3269	14,40	519
3	60,20	18,91	0,274	0,296	1,020	0,773	141	3593	14,50	570
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	20,07	6,30	0,446	0,192	1,034	0,918	130	2259	14,31	480
2	40,14	12,61	0,317	0,254	1,027	0,855	131	3267	14,35	514
3	61,21	19,23	0,265	0,299	1,019	0,767	135	3624	14,47	567

Табл.4. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,15%) при испытаниях на нагарообразование, n=3000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=2000 об/мин
Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»+ 0,30%Е3000**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19,89	4,17	0,538	0,151	1,062	1,048	151	1840	13,94	398
2	40,78	8,54	0,373	0,216	1,045	0,987	163	2705	14,03	436
3	59,68	12,50	0,320	0,254	1,038	1,276	165	2780	14,08	495
Через 6 моточасов										
1	20,51	4,30	0,525	0,156	1,049	0,955	166	1724	14,11	395
2	40,02	8,38	0,371	0,221	1,040	0,948	176	2687	14,10	432
3	60,02	12,57	0,315	0,259	1,034	1,237	182	2820	14,09	490
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	21,14	4,43	0,506	0,162	1,050	0,936	152	1787	14,06	394
2	40,76	8,54	0,353	0,232	1,043	0,920	170	2733	14,14	430
3	60,39	12,65	0,310	0,264	1,036	1,219	178	2865	14,19	487

Табл.5. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,30%) при испытаниях на нагарообразование, n=2000 об/мин

Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=3000 об/мин Базовый бензин АИ-95 «Лукойл»+0,30% Е3000										
N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19,95	6,27	0,471	0,172	1,047	0,921	110	2314	14,40	485
2	39,90	12,54	0,353	0,226	1,039	0,856	117	3286	14,43	523
3	59,85	18,80	0,289	0,283	1,025	0,801	122	3560	14,43	576
Через 6 моточасов										
1	20,07	6,30	0,461	0,177	1,041	0,914	130	2320	14,32	482
2	40,14	12,61	0,343	0,238	1,032	0,871	135	3330	14,42	518
3	60,20	18,91	0,284	0,288	1,022	0,766	140	3615	14,55	569
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	20,19	6,34	0,462	0,177	1,035	0,914	122	2308	14,36	483
2	40,38	12,69	0,334	0,245	1,030	0,840	130	3342	14,39	515
3	61,08	19,19	0,280	0,292	1,025	0,742	130	3687	14,50	563

Табл.6. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,30%) при испытаниях на нагарообразование, n=3000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=2000 об/мин
Базовый бензин АИ-92 «Лукойл»+ 1,0% R200**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	T_{ог}, град. С
Начало испытаний										
1	19.40	4.06	0.586	0.140	1.034	0.902	197	1662	14.14	410
2	39.79	8.33	0.391	0.209	1.029	0.952	204	2370	14.08	446
3	59.68	12.50	0.329	0.249	1.020	1.115	206	2550	14.14	502
Через 6 моточасов										
1	19.89	4.17	0.591	0.138	1.044	0.882	201	1614	14.16	412
2	40.29	8.44	0.397	0.206	1.033	0.950	210	2225	14.10	448
3	59.68	12.50	0.336	0.243	1.027	1.108	212	2512	14.17	507
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	19.89	4.17	0.612	0.134	1.035	0.874	220	1550	14.21	414
2	39.79	8.33	0.406	0.201	1.028	0.943	219	2185	14.15	449
3	59.68	12.50	0.345	0.237	1.022	1.048	226	2475	14.18	506

Табл.7. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой октноповышающей присадки R200 (1,0%) при испытаниях на нагарообразование, n=2000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=3000 об/мин
Базовый бензин АИ-92 «Лукойл»+ 1,0% R200**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	19.95	6.27	0.500	0.164	1.027	0.875	141	2156	14.47	485
2	39.90	12.54	0.352	0.233	1.018	0.744	159	3005	14.54	523
3	59.85	18.80	0.293	0.279	1.009	0.720	164	3552	14.56	576
Через 6 моточасов										
1	19.95	6.27	0.517	0.158	1.022	0.861	154	2133	14.50	488
2	40.90	12.85	0.355	0.230	1.020	0.828	171	2940	14.57	524
3	59.85	18.80	0.296	0.276	1.015	0.701	182	3473	14.60	580
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	19.95	6.27	0.530	0.154	1.031	0.855	167	2015	14.54	491
2	39.90	12.54	0.363	0.226	1.025	0.811	179	2873	14.60	528
3	59.82	18.78	0.299	0.273	1.018	0.682	190	3422	14.66	583

Табл.8 Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой октноповышающей присадки R200 (1,0%) при испытаниях на нагарообразование, n=3000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=2000 об/мин
Базовый бензин АИ-92 «Лукойл»+ 1,0% R200+0,3%Е3000**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	Тог, град. С
Начало испытаний										
1	20,39	4,27	0,545	0,150	1,024	0,915	188	1710	14,16	402
2	39,79	8,33	0,381	0,214	1,023	0,969	192	2426	14,09	439
3	59,68	12,50	0,326	0,251	1,009	1,134	197	2596	14,10	498
Через 6 моточасов										
1	19,89	4,17	0,547	0,150	1,029	0,921	184	1756	14,19	400
2	39,79	8,33	0,375	0,218	1,026	0,977	190	2497	14,11	435
3	59,68	12,50	0,320	0,256	1,012	1,160	191	2625	14,07	497
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	19,89	4,17	0,538	0,152	1,027	0,940	180	1794	14,12	399
2	39,79	8,33	0,365	0,224	1,020	1,045	184	2523	14,11	432
3	60,18	12,60	0,315	0,260	1,015	1,212	186	2670	14,00	495

Табл.9. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой октноповышающей присадки R200 (1,0%) и топливной компоненты Е3000 (0,3%) при испытаниях на нагарообразование, n=2000 об/мин

**Нагрузочная характеристика двигателя ВАЗ-2111, n=3000 об/мин
Базовый бензин АИ-92 «Лукойл»+ 1,0% R200+ 0.3% E3000**

N режи ма	M_e, Нм	N_e, кВт	g_e, кг/ кВтч	η_e	α	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO₂, %	T_{ог}, град. С
Начало испытаний										
1	19,95	6,27	0,489	0,167	1,018	0,910	128	2220	14,41	478
2	39,90	12,54	0,340	0,240	1,015	0,863	150	3088	14,51	513
3	59,85	18,80	0,288	0,284	1,004	0,745	158	3642	14,53	568
Через 6 моточасов										
1	19,95	6,27	0,485	0,169	1,034	0,936	121	2284	14,38	477
2	39,90	12,54	0,335	0,245	1,032	0,897	145	3118	14,46	514
3	59,85	18,80	0,285	0,287	1,014	0,770	150	3706	14,50	562
Через 12 моточасов, по окончании испытаний										
1	19,95	6,27	0,472	0,173	1,044	0,945	115	2340	14,32	475
2	39,80	12,48	0,331	0,247	1,035	0,905	141	3250	14,40	511
3	60,32	19,04	0,278	0,294	1,021	0,784	152	3785	14,47	560

Табл.10. Нагрузочные характеристики двигателя ВАЗ-2111 при работе на базовом бензине с добавкой октноповышающей присадки R200 (1,0%) и топливной компоненты E3000 (0,3%) при испытаниях на нагарообразование, n=3000 об/мин

Усредненные величины показателей экономичности и токсичности отработавших газов при работе дизеля ВАЗ-2111 на базовом и вариантах композиционного автомобильного бензина, а также полученные эффекты изменения этих показателей, сведены в табл.11...15.

№	Стадия испытаний	Расход топлива	Эффект . КПД	СО	СН	NO	CO2	Тог
1	Начало испытаний	0,396	0,218	0,953	159	2660	14,28	486
2	Через 6 моточасов	0,398	0,217	0,951	161	2658	14,28	486
		+0,5%	-0,5%	-0,2%	+1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
3	Через 12 моточасов, по окончании испытаний	0,397	0,217	0,946	163	2678	14,31	488
		+0,3%	-0,3%	-0,7%	+3,1%	0,8%	+2,1	+0,4%

Табл.11. Усредненные за цикл испытаний результаты по изменению параметров работы двигателя ВАЗ-2111 на базовом бензине на разных стадиях испытаний на нагарообразование

№	Этап испытаний	Расход топлива	Эффект . КПД	СО	СН	NO	CO2	Тог
1	Начало испытаний	0,384	0,225	0,992	141	2723	14,19	486
2	Через 6 моточасов	0,380	0,230	0,952	156	2717	14,24	480
		-1,0%	+2,2%	-4,0%	+10,6%	-0,2%	+3,5%	-1,2%
3	Через 12 моточасов, по окончании испытаний	0,372	0,234	0,947	153	2733	14,23	478
		-3,1%	+4,0%	-4,5%	+8,5%	+0,4%	+0,2%	-1,6%

Табл.12. Усредненные за цикл испытаний результаты по изменению параметров работы двигателя ВАЗ-2111 на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,15%) на разных стадиях испытаний на нагарообразование

№	Этап испытаний	Расход топлива	Эффект . КПД	СО	СН	NO	CO2	Тог
1	Начало испытаний	0,391	0,217	0,982	138	2747	14,22	489
2	Через 6 моточасов	0,383	0,223	0,948	155	2746	14,27	481
		-2,0%	+2,3%	-3,6%	+12,3%	0,0%	+0,4%	-1,4%
3	Через 12 моточасов, по окончании испытаний	0,374	0,229	0,929	147	2787	14,28	478
		-4,3%	+5,5%	-5,4%	+6,5%	+1,5%	+0,4%	-2,3%

Табл.13. Усредненные за цикл испытаний результаты по изменению параметров работы двигателя ВАЗ-2111 на базовом бензине с добавкой топливного препарата Е3000 (0,30%) на разных стадиях испытаний на нагарообразование

№	Этап испытаний	Расход топлива	Эффект . КПД	СО	СН	NO	CO2	Тог
1	Начало испытаний	0,408	0,212	0,885	179	2549	14,32	491
2	Через 6 моточасов	0,415	0,208	0,890	189	2483	14,35	494
		+1,7%	+1,9%	+0,6%	+5,6%	-2,6%	+0,2%	+0,6%
3	Через 12 моточасов, по окончании испытаний	0,425	0,204	0,865	201	2420	14,36	495
		+4,2%	-3,8%	-2,3%	+12,2	-5,1%	+0,3%	+0,8%

Табл.14. Усредненные за цикл испытаний результаты по изменению параметров работы двигателя ВАЗ-2111 на базовом бензине с добавкой октаноповышающей присадки R200 (1,0%) на разных стадиях испытаний на нагарообразование

№	Этап испытаний	Расход топлива	Эффект . КПД	СО	СН	NO	CO2	Торг
1	Начало испытаний	0,395	0,218	0,923	169	2614	14,30	483
2	Через 6 моточасов	0,391	0,221	0,943	161	2664	14,29	481
		-1,0%	+1,4%	-2,2%	-4,7%	+1,6%	-0,2%	-0,4%
3	Через 12 моточасов, по окончании испытаний	0,383	0,225	1,049	159	2727	14,23	478
		-3,0%	+3,2%	+13,6%	-5,9%	+4,3%	-0,5%	-1,0%

Табл.15. Усредненные за цикл испытаний результаты по изменению параметров работы двигателя ВАЗ-2111 на базовом бензине с добавкой топливной компоненты Е3000 (0,3%) после испытаний двигателя с присадкой R200 на разных стадиях испытаний на нагарообразование

В качестве контрольных весовых элементов в испытаниях использовались свечи зажигания, впускные и выпускные клапаны. Масса отложений на них определялась путем взвешивания на аналитических весах с точностью до 0.001 г.

В каждом испытании детали взвешивались два раза. Первый раз – до начала испытаний, для определения начальной массы деталей. Второй раз – после окончания полного цикла испытаний соответствующего бензина. Данные каждого взвешивания усреднялись по каждому всем четырем деталям.

Результаты взвешивания сведены в табл. 16...20.

Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Впускной клапан				
	1	54,611	54,625	14
	2	54,410	54,422	12
	3	54,231	54,242	11
	4	54,350	54,364	14
	Среднее			12,75
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Выпускной клапан				
	1	47,510	47,518	8
	2	47,120	47,125	5
	3	47,858	47,868	10
	4	47,745	47,455	10
	Среднее			8,25
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Свеча зажигания				
	1	57,472	57,481	9
	2	57,612	57,625	13
	3	57,511	57,527	16
	4	57,430	57,412	12
	Среднее			12,5

Табл. 16. Результаты весового анализа контрольных деталей после испытаний на базовом бензине АИ-95, инжекторный двигатель ВАЗ-2111

Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Впускной клапан				
	1	54,436	54,439	3
	2	54,401	54,406	5
	3	54,880	54,888	8
	4	54,162	54,167	5
	Среднее			5,25
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Выпускной клапан				
	1	47,124	47,127	3
	2	47,336	47,341	5
	3	47,810	47,815	5
	4	47,523	47,529	6
	Среднее			4,75
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Свеча зажигания				
	1	59,397	59,402	5
	2	59,844	59,856	12
	3	60,592	60,594	2
	4	59,119	59,120	1
	Среднее			5,00

Табл. 17. Результаты весового анализа контрольных деталей после испытаний на бензине АИ-95 с присадкой E3000 в концентрации 0,15% vol, инжекторный двигатель ВАЗ-2111

Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Впускной клапан				
	1	54,551	54,553	2
	2	54,753	54,757	4
	3	54,887	54,893	6
	4	54,173	54,178	5
	Среднее			4,25
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Выпускной клапан				
	1	47,445	47,447	2
	2	47,330	47,334	4
	3	47,824	47,829	5
	4	47,360	47,363	3
	Среднее			3,50
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Свеча зажигания				
	1	57,156	57,156	0
	2	57,278	57,282	4
	3	57,857	57,860	3
	4	57,057	57,059	2
	Среднее			2,25

Табл. 18. Результаты весового анализа контрольных деталей после испытаний на бензине АИ-95 с присадкой Е3000 в концентрации 0,30% vol, инжекторный двигатель ВА3-2111

Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Впускной клапан				
	1	54,110	54,136	26
	2	54,230	54,260	30
	3	54,911	54,942	31
	4	54,170	54,189	19
	Среднее			26.50
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Выпускной клапан				
	1	47,324	47,336	12
	2	47,655	47,670	15
	3	47,830	47,847	17
	4	47,884	47,894	10
	Среднее			13.50
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Свеча зажигания				
	1	57.090	57.110	20
	2	56.990	57.016	26
	3	57.178	57.201	23
	4	56.875	56.903	28
	Среднее			24.25

Табл. 19. Результаты весового анализа контрольных деталей после испытаний на бензине АИ-92 с присадкой R200 в концентрации 1,0% vol, инжекторный двигатель ВАЗ-2111

Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Впускной клапан				
	1	54,136	54,155	19
	2	54,260	54,282	22
	3	54,942	54,961	19
	4	54,189	54,200	11
	Среднее			17,75
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Выпускной клапан				
	1	47,336	47,344	8
	2	47,670	47,680	10
	3	47,847	47,859	12
	4	47,894	47,902	8
	Среднее			9.50
Деталь	Номер детали	Масса детали до испытаний, г	Масса детали после цикла испытаний, г	Изменение массы отложений после цикла испытаний, мг
Свеча зажигания				
	1	57.110	57.120	10
	2	56.016	57.028	12
	3	57.201	57.216	15
	4	56.903	56.921	18
	Среднее			13,75

Табл. 20. Результаты весового анализа контрольных деталей после испытаний на бензине АИ-92 с присадкой Е3000 в концентрации 0,3% vol, состояние после применения R200, инжекторный двигатель ВАЗ-2111

6. Выводы по результатам исследования

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- Проведенным исследованием была подтверждена эффективность применения комплексной присадки к бензину «ЭНЕРГИЯ-3000» в качестве моющей присадки к базовым бензинам. Эффект выражается в существенном снижении склонности бензинов к отложениям и нагарообразованию. Так, по сравнению с базовым бензином, суммарная масса отложений на поверхностях камеры сгорания (судя по взвешиванию свечей зажигания), а также для впускных и выпускных клапанов, масса отложений снизилась в среднем в 2...3 раза. Этот результат подтверждается также визуальным анализом состояния камеры сгорания.

- При использовании препарата E3000 в концентрации 0,15% по итогу испытаний эффект снижения расхода топлива составил в среднем до 3%, при увеличении концентрации до 0,3% - увеличивается до 4,3%. При этом эффект нарастает по мере увеличения наработки двигателя с препаратом, что также свидетельствует о развитии моющего эффекта.

- В целом, оптимальной концентрацией ввода препарата E3000 в качестве моющей присадки к бензинам можно считать 0,2...0,25% vol. Дальнейшее увеличение концентрации не дает существенного увеличения эффекта, сопоставимого с ростом себестоимости композиционного топлива. Данная рекомендация справедлива для базового бензина группового состава, аналогичного испытанному базовому (АИ-95-К5 производства ПАО «Лукойл»). Для других бензинов она требует уточнения.

- Использование испытанной октаноповышающей присадки R200 привело к резкому росту отложений зольного характера на всех поверхностях камеры сгорания. Это привело к прогрессирующему ухудшению показателей

двигателя, работающего на композиционном топливе, содержащем эту присадку. Возможно, это является следствием конфликта октаноповышающих компонент базового бензина и присадки. Вопрос требует дальнейшего рассмотрения, либо подбора другого варианта октаноповышающей присадки.

- Применение топливной компоненты E3000 на двигателе, загрязненном зольными отложениями, оставленными октаноповышающей присадкой R200, привело к частичному разрушению зольных пленок и постепенной очистке поверхностей двигателя. Это дало частичное восстановление технико-экономических показателей двигателя в процессе работы на композиционном топливе, содержащем препарат E3000.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Фотоотчет по результатам испытаний



Рис. П-1-1. Общий вид свечей зажигания после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин.

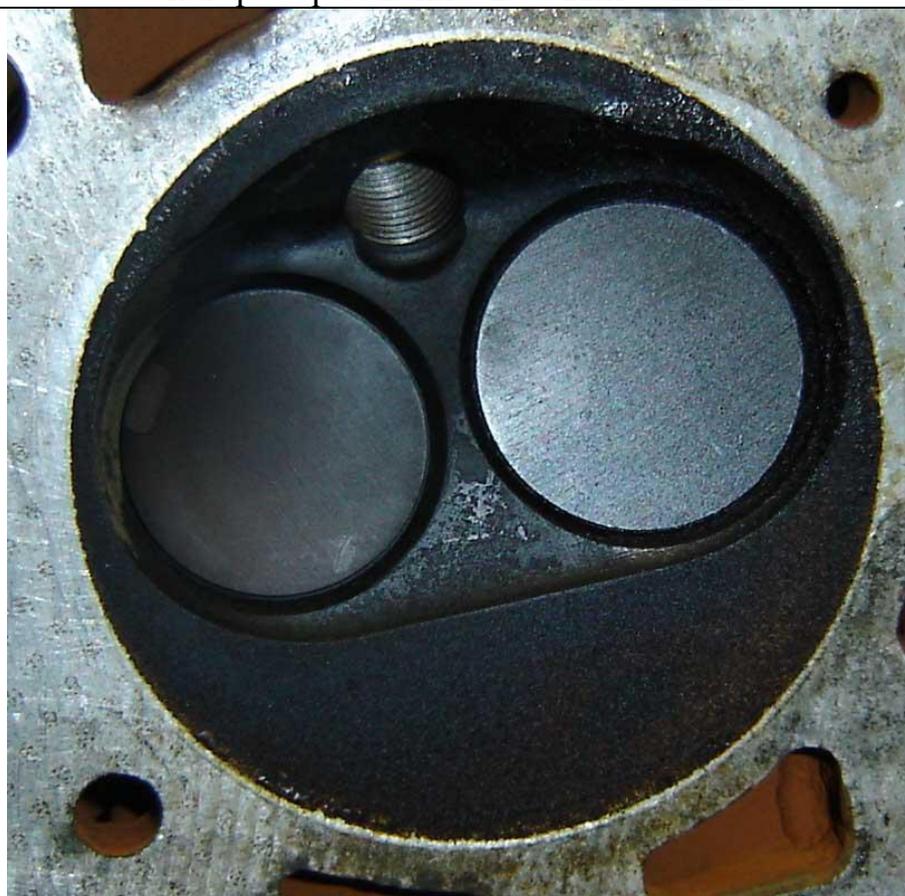


Рис. П-1-2. Общий вид огневой поверхности головки блока цилиндров после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин.



Рис. П-1-3. Общий вид огневой поверхности поршней после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин.



Рис. П-2-1. Общий вид свечей зажигания после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,15% vol).



Рис. П-2-2. Общий вид огневой поверхности головки блока цилиндров после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,15% vol).

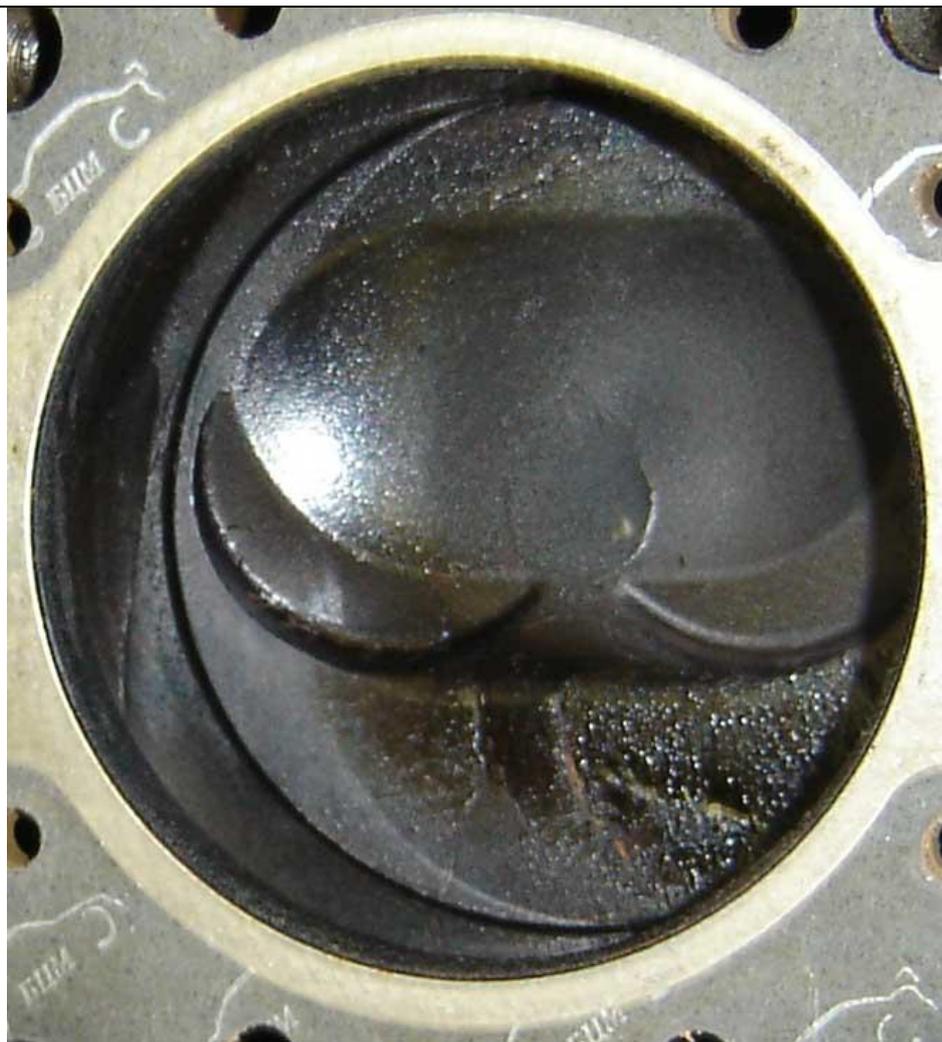


Рис. П-2-3. Общий вид огневой поверхности поршней после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,15% vol).



Рис. П-3-1. Общий вид свечей зажигания после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol).



Рис. П-3-2. Общий вид огневой поверхности головки блока цилиндров после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol).

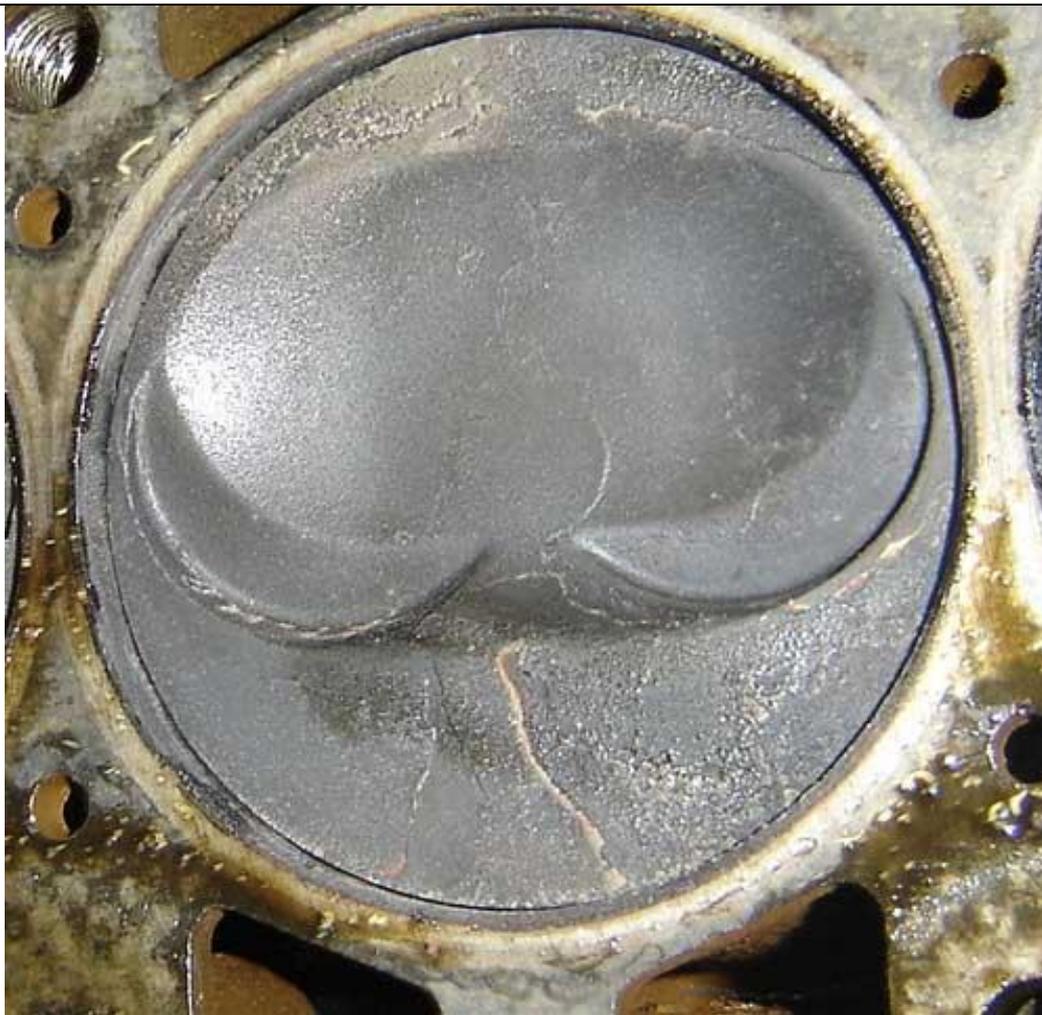


Рис. П-3-3. Общий вид огневой поверхности поршней после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol).



Рис. П-4-1. Общий вид свечей зажигания после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с октаноповышающей присадкой R200 (1,0% vol).

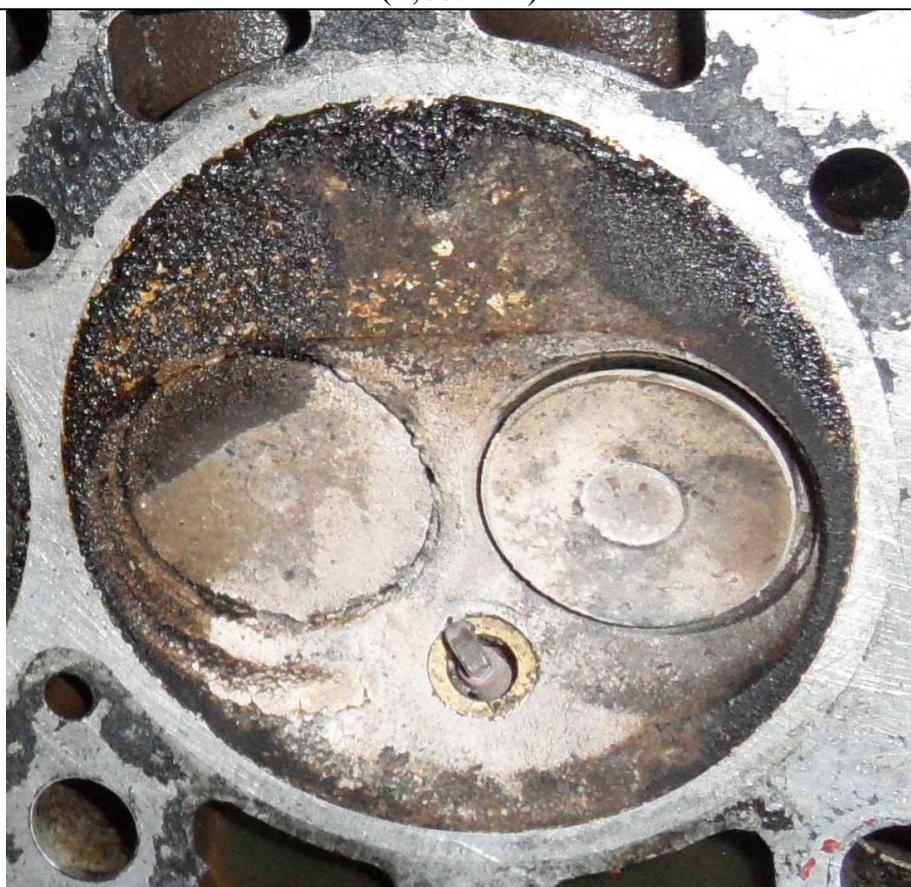


Рис. П-4-2. Общий вид огневой поверхности головки блока цилиндров после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с октаноповышающей присадкой R200 (1,0% vol).



Рис. П-4-3. Общий вид огневой поверхности поршней после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с октаноповышающей присадкой R200 (1,0% vol).



Рис. П-5-1. Общий вид свечей зажигания после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol) после испытаний R200.



Рис. П-5-2. Общий вид огневой поверхности головки блока цилиндров после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol) после испытаний R200.



Рис. П-5-3. Общий вид огневой поверхности поршней после испытаний на нагарообразование. Базовый бензин с топливной компонентой E3000 (0,30% vol) после испытаний R200.