

УДК 621.43

А.А.Качнов, Д.А.Белик (5 курс, каф. ДВС),
А.Ю.Шабанов, к.т.н., доц., А.Б.Зайцев, к.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ БЕНЗИНОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ-21083

Представляемые результаты получены в ходе выполнения работ по заказу АНО «Центр сертификации топливно-энергетических ресурсов» и Нефтяной Инспекции Санкт-Петербурга. Целью проведения работы было получение информации по влиянию на моторные характеристики бензинов его группового состава и метода повышения октанового числа.

Испытания проведены на бензине марки А-92 различных производителей с различным групповым составом, определение которого проводилось в лаборатории «Малотоннажные нефтепродукты». Образцы бензинов были закуплены на автозаправках северо-западной части Санкт-Петербурга. Образцы № 1 и № 2 одного и того же производителя, но № 1 – летний, а № 2 – зимний виды топлива. Остальные образцы также зимние его виды. Помимо товарных бензинов, в испытаниях использовано “эталонное топливо” (образец № 6) – смесь эталонных изооктана и н-гептана в соотношении 92:8 по объему, что соответствует топливу с ОЧ, равным 92 единицам. Результаты исследований группового состава бензинов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание углеводородных соединений в образцах по данным хроматомасс-спектрометрических исследований, % масс.

Соединения	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Алканы, %	35,03	38,56	40,85	36,69	38,87	100,00
Алкены, %	0,00	0,07	7,44	3,53	5,72	-
Циклоалканы и их производные, %	2,04	2,28	3,76	2,99	7,55	-
Бензольные и их производные, %	62,78	59,04	47,50	56,77	47,82	-
Оксигенаты (МТБЭ), %	0,16	0,05	0,44	0,02	0,14	-

Анализ данных табл. 1 позволяет выделить три группы бензинов по групповому составу. Первая группа – с максимальным содержанием ароматических углеводородов (образцы № 1 и № 2), вторая группа – со средним содержанием ароматических углеводородов (образец № 4), и третья группа – с пониженным содержанием ароматических углеводородов (образцы № 3 и № 5). Помимо такого разделения следует отметить существенное содержание непредельных углеводородов в образцах № 3 и № 5, что может негативно сказаться на качестве бензина при его длительном хранении.

По данным табл. 1 можно также сказать, что в образцах топлив 1, 2 и 4 повышение детонационной стойкости достигнуто повышенным содержанием ароматиков, а в образцах 3 и 5 – то же, но с увеличением содержания циклоалканов и оксигенатов. Последнее лучшим образом отвечает современным требованиям к бензинам: повышенное содержание ароматиков увеличивает нагарообразование в КС двигателя, а наличие кислорода в топливе, что дают оксигенаты, увеличивает полноту сгорания и снижает токсичность ОГ.

Далее, наличие полных групповых составов топлив (данные здесь не приведены) позволило определить их элементарные составы, а также стехиометрическое соотношение топливо/воздух и низшую теплотворную способность, для чего использованы известные зависимости из области термодинамики (табл. 2).

Таблица 2. Расчетные параметры состава образцов бензинов.

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Средняя молярная масса топлива	101,26	101,38	101,80	100,92	97,28	112,18
Содержание углерода, масс. доля	0,8783	0,8758	0,8704	0,8756	0,8736	0,8479
Содержание водорода, масс. доля	0,1214	0,1241	0,1289	0,1244	0,1261	0,1521
Содержание кислорода, масс. доля	0,0003	0,0001	0,0007	0,0000	0,0003	-
Стехиометрия, кг возд./кг топл.	14,28	14,34	14,44	14,35	14,39	14,99
Низшая теплотворная способность топлива, МДж/кг	42,29	42,48	42,79	42,51	42,61	44,42

По данным табл. 2 можно сказать, что средние молярные массы всех образцов топлив несколько ниже, чем это общепринято в литературе (110...120 кг/кмоль), даже для летнего вида топлива с несколько более тяжелым фракционным составом (исследования проведены, но данные здесь также не приводятся). По элементарному составу видно, что все топлива обладают повышенным содержанием углерода и пониженным – водорода, что также не соответствует общепринятым представлениям (0,855 – углерод и 0,145 – водород). Этот факт объясняется в первую очередь групповым составом – ароматические углеводороды содержат в себе минимальное количество атомов водорода. Это же предопределяет пониженные значения стехиометрических соотношений и теплотворных способностей, которые оказались скорее ближе к “дизельным” значениям. Однако сами эти величины мало отличаются между собой, несмотря на существенные отличия в групповом составе. В сравнении с “эталонным топливом” все образцы бензинов имеют на 4...5% более низкую теплотворную способность.

Программа испытаний предусматривала определение антидетонационных характеристик образцов бензинов. Эти данные приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты лабораторных исследований образцов бензинов.

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
ОЧ, исследовательский метод	90,3	90,4	92,0	91,6	92,0	92,0
ОЧ, моторный метод	83,2	82,6	82,8	82,5	82,0	92,0
ОЧИ-ОЧМ – чувствительность	7,1	7,8	9,2	9,1	10,0	0,0
Плотность, кг/м ³	756	742	737	742	740	684

Следует отметить, ни один бензин в полной мере не соответствует требованиям ГОСТ Р 51105-97 по детонационной стойкости (для марки Регуляр-92 ОЧИ должно составлять не менее 92 ед., а ОЧМ – не менее 83). Более или менее приемлемыми показателями (с учетом погрешности измерений $\pm 0,2$ октановые единицы) обладают образцы № 3, 4 и 5. Плотности всех бензинов находятся в пределах рекомендованных ГОСТами значений (710...760 кг/м³).

Моторные испытания с использованием различных бензинов проводились согласно ГОСТ 14846-82 «Автомобильные двигатели. Методы стендовых испытаний». Производилось снятие нагрузочных и внешней скоростной характеристики двигателя ВАЗ-21083. При обработке экспериментальных данных осуществлялось их приведение к нормальным атмосферным условиям. Некоторые экспериментальные данные приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4. Основные параметры работы двигателя на внешней скоростной характеристике при $n=3500$ об/мин.

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Эффективный момент, M_e , н·м	117,3	116,6	119,0	117,0	119,0	117,0
Уд. Эфф. расход, g_e , кг/кВт·ч	0,280	0,271	0,263	0,273	0,269	0,269
Токсичность ОГ по CO, %	6,06	6,13	6,06	6,03	6,34	5,85
Токсичность ОГ по CH, ppm	236	198	162	161	199	226
Эффективный КПД, η_e	0,293	0,302	0,340	0,299	0,304	0,304

Таблица 5. Основные параметры работы двигателя на нагрузочной характеристике при $n=3500$ об/мин и $M_e=50$ н·м.

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Уд. Эфф. расход, g_e , кг/кВт·ч	0,283	0,276	0,274	0,276	0,279	0,275
Токсичность ОГ по CO, %	0,37	0,32	0,33	0,38	0,32	0,42
Токсичность ОГ по СН, ppm	121	123	110	129	135	190
Эффективный КПД, η_e	0,289	0,297	0,298	0,296	0,293	0,297

Анализ полученных данных позволил сделать следующие *выводы*:

– степень влияния группового состава бензина на мощность двигателя в целом незначительна для всех бензинов, в то время как ухудшение топливной экономичности прогрессирует по мере увеличения процентного соотношения углеводородов ароматической группы;

– наблюдается некоторое снижение содержания CO в ОГ по сравнению с эталонным бензином при работе на частичных нагрузках, в то время как на номинальном режиме эталонный бензин дает меньший выход CO. Рост содержания CO по сравнению с эталоном на режимах ВСХ также совпадает с нарастанием содержания ароматиков в бензине. Это совпадает с зафиксированным эффектом обогащения топливо-воздушной смеси при работе двигателя на более тяжелых топливах. На частичных же режимах величины α примерно одинаковы и превышают 1,0, что обеспечивает небольшую степень влияния состава топлива на величину CO;

– все бензины обеспечивают значительное уменьшение содержания СН в отработавших газах по сравнению с эталонным топливом, при этом в зоне обеднения топливовоздушной смеси наибольший эффект дают бензины 1-ой группы. При переходе к режимам обогащения топливовоздушной смеси, то есть вблизи ВСХ, наибольшую эффективность снижения СН по сравнению с эталоном обеспечивают легкие бензины 3-ей группы.

– противоречие, связанное с несовпадением результатов по экономичности и токсичности – рост токсичности ОГ на работе на эталонном бензине при улучшении экономичности и небольшом росте мощности, очевидно, может быть объяснено сочетанием меньшей скорости сгорания эталонного бензина и худшим протеканием процесса смесеобразования с его значительно большей теплотворной способностью.

В целом способ получения товарного топлива и его групповой состав заметно влияют на моторные свойства бензина. Наилучшими моторными показателями обладают топлива третьей группы с преобладанием углеводородов алкановой группы и пониженным содержанием ароматиков. Такие топлива обеспечивают повышение топливной экономичности двигателя за счет роста общей теплотворности смеси и некоторого ее обеднения в зоне внешней скоростной характеристики. Кроме того, бензины третьей группы показывают лучшие экологические показатели, определяемые снижением уровня содержания CO и СН в отработавших газах а снижение среднецикловых температур цикла, определяемое обеднением смеси, должно повлечь и снижение выхода оксидов азота.