

В. И. Кудинов, канд. техн. наук, Д. В. Кудинов

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПАРОВ БЕНЗИНА В БАКЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА КАК ВАЖНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА

Качество топлива для ДВС контролируется нефтеперерабатывающими заводами, нефтебазами и частично на АЗС. Потребители топлива перед заправкой или в процессе заправки его в бак АТС практически не имеют возможности определить хотя бы основные показатели качества. Потребитель вынужден доверять продавцу или документам на товар. В условиях непрерывного роста стоимости топлива, частых случаев продажи на АЗС топлива несоответствующего качества, назрела необходимость оперативного контроля качества заправленного в бак АТС топлива.

Ключевые слова: *моторное топливо, фракционный состав топлива, испаряемость топлива, давление насыщенных паров топлива, соотношение объемов паровоздушной и жидкой фаз топлива*

Введение

Автомобильный транспорт занял и прочно удерживает одно из лидирующих мест в транспортном комплексе большинства государств. С этим видом транспорта мы встречаемся и имеем тесное взаимодействие ежедневно. Каждый из нас пользуется общественным транспортом, а многие имеют еще и личный. Любому автовладельцу хочется, чтобы его машина прослужила как можно дольше, а затраты на его содержание были минимальными. Для этого необходимо хорошее техническое обслуживание, а также использование качественного топлива.

Бензин в качестве горючего начал использоваться в конце XIX века, когда Готлиб Даймлер создал бензиновый двигатель внутреннего сгорания (ДВС). С тех пор многое изменилось в конструкции автомобиля в области дизайна, надежности, экономичности. Рост надежности, долговечности и экономичности работы двигателей потребовали повышения качества и разнообразия применяемых топлив. Ассортимент и качество вырабатываемых и используемых бензинов определяются структурой автомобильного парка страны, техническими возможностями ее нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также экологическими требованиями, которые в последнее время стали определяющими.

Суммарное мировое потребление моторных топлив составляет около 1,75 млрд т/год, в том числе на долю автомобильных бензинов приходится более 800 млн т/год [1]. Качество автомобильного топлива определяется множеством показателей, основными из которых являются октановое число, плотность, фракционный и групповой состав. ГОСТами России и Украины определять эти показатели следует лабораторными методами. Таких лабораторий мало, стоимость оборудования и анализов высокая.

Показатели качества топлива, применяемого на автомобиле (бензин, дизельное топливо), определяются при его производстве и частично на нефтехранилище. На нефтебазе для бензина определяется 15 характеристик: плотность, содержание серы, фракционный состав, давление насыщенных паров и др. Дизельное топливо исследуют по девяти параметрам. Весь процесс исследования длится 4–5 часов.

Требования, связанные с транспортированием и хранением бензинов, обусловлены необходимостью сохранения их качества в течение долгого периода. Гарантийный срок хранения – от одного до пяти лет.

Автомобильный бензин с завода-изготовителя проходит длинный путь: по трубопроводам, железнодорожным и автомобильным транспортом подается на крупные региональные перевалочные нефтебазы. С этих баз хранения бензин поступает на мелкие нефтебазы, а далее автомобильными цистернами – на автозаправочные станции (АЗС). Транспортирование, хранение и применение бензина непосредственно на автомобилях осуществляются в различных климатических условиях при температуре окружающего воздуха от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Хранение, многократное переливание топлива из одной емкости в другую сказывается на его качестве: часть легких фракций испаряется, топливо насыщается влагой атмосферного воздуха, механическими примесями. Качество бензина непосредственно в баке автомобиля не контролируется. Косвенно о качестве топлива можно судить по эксплуатационным свойствам двигателя автомобиля: легкость пуска, устойчивая работа на холостых оборотах, динамика разгона, мощность (тяга), расход бензина и т. д. Качество топлива, заливаемого в бак транспортного средства, часто обсуждается в прессе и интернете в связи с низким его качеством. Давно назрела необходимость своевременного (в процессе заправки на АЗС) определения не только точного (до 0,1 литра) количества заправляемого топлива, но и установления основных показателей его качества. К установке таких приборов на автомобиль заводы-изготовители до сих пор не приступили. В настоящее время назрела необходимость разработать несложный прибор определения важных показателей качества и количества заправляемого бензина в баке транспортного средства [2].

Анализ предшествующих достижений и публикаций

Основными силовыми установками во многих видах транспорта являются поршневые ДВС. Мощность двигателя, его моторесурс, надежность работы, расход топлива и моторного масла, токсичность отработанных газов зависят от качества топлива. Классическое определение качества – это совокупность свойств продукта, определяющих степень его пригодности к выполнению заданных функций. Вся совокупность свойств нефтепродуктов условно делят на эксплуатационные и физико-химические [3]. Уровень эксплуатационных свойств предъявляют производители двигателей, а физико-химических – устанавливают нефтепереработчики. Основные эксплуатационные (техничко-экономические) свойства моторного топлива обеспечивают надежность и экономичность эксплуатации двигателей (горючесть, испаряемость, сохраняемость, склонность к отложениям и др.). Эксплуатационные свойства характеризуют полезный эффект от использования нефтепродукта по назначению и определяют область его применения. Количество таких свойств зависит от вида нефтепродукта и может колебаться в широких пределах.

Основные технико-экономические требования к бензинам следующие:

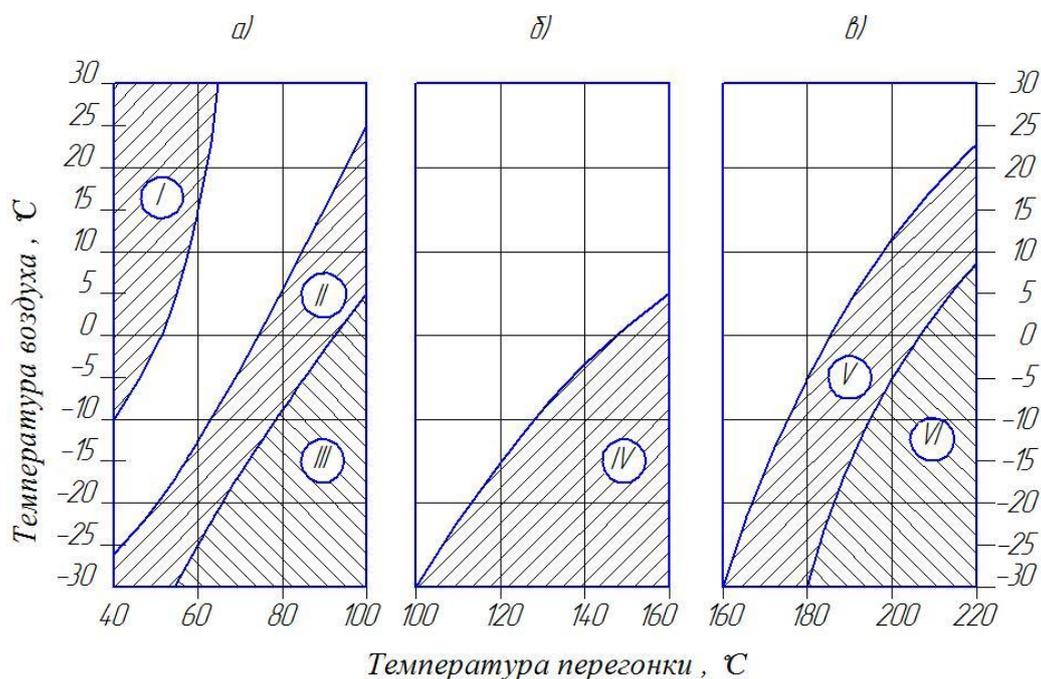
- бензин должен обеспечивать безотказную работу автомобильного двигателя на всех режимах и во всех практически встречающихся условиях эксплуатации;
- двигатель должен развивать предусмотренную для него мощность, расходуя минимальное количество бензина;
- бензин должен обеспечивать минимальные износы деталей двигателя, а также минимальные трудовые и материальные затраты на ремонт и техническое обслуживание двигателя;
- качество бензина не должно заметно ухудшаться при транспортировании, хранении и использовании;
- обращение с бензином не должно вызывать повышенной опасности для здоровья лиц, занимающихся эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом автомобилей;
- применение топлива должно соответствовать экологическим нормам.

Соответствие бензина перечисленным выше технико-экономическим требованиям зависит прежде всего от его физико-химических свойств, которые определяются рядом показателей, характеризующих состояние нефтепродукта и его состав (плотность, вязкость, тепло-

емкость, теплопроводность, электрическая проводимость, элементный, фракционный и групповой углеводородный составы и др.).

Связь эксплуатационных и физико-химических свойств выражается в зависимости от пусковых возможностей, приемистости двигателя, разжижения моторного масла и интенсивности износа гильзы цилиндра ДВС от фракционного состава бензина (рисунок 1) [4].

Характерная особенность процесса сгорания в поршневых двигателях – предварительное испарение топлива и образование паровоздушной смеси в очень короткий промежуток времени (до 0,02 с). В зависимости от способа и особенностей смесеобразования, топливо может испаряться до начала его сгорания (в двигателях с принудительным воспламенением) или одновременно с его впрыском и сгоранием (в дизелях). Способность топлива переходить в паровую фазу и образовывать паровоздушную смесь, т. е. его испаряемость, является важнейшим показателем качества жидких топлив, а испарение в двигателе – одним из основных элементов его рабочего процесса.



I – паровые пробки; *II* – затрудненный пуск; *III* – пуск невозможен;
IV – плохая приемистость; *V* – разжижение масла; *VI* – интенсивный износ
 Рисунок 1 – Влияние температур перегонки 10 % (а), 50 % (б) бензина и температуры конца кипения бензина (в) на его эксплуатационные качества [4]

Все отмеченные обстоятельства способствовали развитию и становлению новой отрасли науки, названной химмотологией (химия + мотор + логос). Химмотология занимается вопросами рационального использования нефтепродуктов. Эта наука призвана изучать широкий круг вопросов теоретического и практического характера в трех основных направлениях: оптимизация качества товарных нефтепродуктов; повышение эффективности их использования; создание и совершенствование системы и методов оценки качества нефтепродуктов.

Первое направление предусматривает оценку и научное обоснование требований к качеству нефтепродуктов; второе – обеспечение сохранности качества нефтепродуктов в процессах транспортировки, хранения и применения; третье направление – разработку и совершенствование методов оценки эксплуатационных свойств нефтепродуктов.

Требования, предъявляемые к качеству современных автомобильных бензинов, подразделяются на четыре группы от различных оппонентов:

1. От производителей автомобилей – обеспечение надежной работы двигателя.

2. От производителей топлива – возможностями нефтеперерабатывающей промышленности.

3. От коммерсантов – условия, связанные с транспортированием, хранением и продажей моторного топлива.

4. От населения страны, потребителей топлива – экологические и экономические показатели применения топлива.

Требования производителей автомобилей очень часто противоречат возможностям нефтепереработчиков, и в этих случаях необходимо определить оптимальный, экономически целесообразный уровень этих требований, добиваться компромисса между требованиями производителей двигателей и возможностями нефтяной промышленности.

Так, в частности, требования, которые предъявляют производители двигателей с искровым зажиганием к качеству применяемых бензинов:

– сжигание бензина в смеси с воздухом в камере сгорания должно происходить с нормальной скоростью без возникновения детонации на всех режимах работы двигателя в любых климатических условиях. Это требование устанавливает нормы на детонационную стойкость бензина;

– необходимо, чтобы бензин имел высокую теплоту сгорания, минимальную склонность к образованию отложений в топливной и впускной системах двигателя, а также нагара в камере сгорания;

– продукты сгорания не должны быть токсичными и коррозионно-агрессивными;

– испаряемость бензинов должна обеспечивать приготовление горючей смеси при любых температурах эксплуатации двигателей. Это требование регламентирует такие свойства и показатели качества бензина, как фракционный состав, давление насыщенных паров, склонность к образованию паровых пробок.

Производство автомобильных бензинов осуществляется на сложном комплексе различных технологических процессов переработки нефти. Требования к качеству вырабатываемых автобензинов, обусловленные техническими возможностями нефтепереработки, накладывают ограничения на показатели фракционного и углеводородного состава, содержание серы и различных антидетонаторов. В условиях массового производства требуется обеспечение возможности использования нефтяного сырья с возможно более широким варьированием по углеводородному и фракционному составам и содержанию различных сернистых соединений. Это обстоятельство влияет на установление норм в спецификациях на соответствующие показатели качества бензинов.

Так, например, для увеличения выхода бензина из перерабатываемого нефтяного сырья производители бензинов заинтересованы в повышении температуры конца кипения, а эффективное использование бензина в двигателе, по требованиям производителей автомобилей, возможно при определенном ограничении содержания высококипящих фракций. Согласно ГОСТ 2084-77 [5] для бензина марки АИ-93 температура конца кипения составляет не более 195 °С, а требования современных ГОСТов иные. По ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004) [6] – до 210 °С, по ГОСТ 32513-2013 [7] – до 215 °С. Это изменение способствует большему выходу бензина из нефти, однако приводит к снижению надежности ДВС, что связано со смывом масляной пленки с зеркала цилиндров и возможностью разбавления моторного масла топливом, которое не полностью сгорело. Таким образом, в масло попадает часть несгоревшего бензина с температурой кипения выше 180–185 °С [8].

Нормы показателя детонационной стойкости устанавливаются на уровне, достижимом при использовании имеющихся технологических процессов, компонентов и присадок, допущенных к применению в составе бензинов. Автопроизводители бензиновых ДВС стремятся сконструировать двигатель с максимально возможной степенью сжатия, который требует бензин с высоким октановым числом.

Другим примером компромисса требований производителей автомобилей с возмож-

ностями нефтепереработчиков является октановый индекс, характеризующий детонационную стойкость американских автобензинов. Автомобилестроители США предлагали внести в спецификации оценку октанового числа бензина по исследовательскому методу, а нефтепереработчики – по моторному методу. В результате в спецификацию был внесен показатель, равный полусумме октановых чисел по исследовательскому и моторному методам.

Требования, связанные с транспортированием и хранением, регламентируют такие свойства автобензина, как физическая и химическая стабильность, склонность к потерям от испарения и образованию паровых пробок, растворимость воды (конденсата), содержание коррозионно-агрессивных соединений и т. д.

Воздействие бензинов на окружающую среду при применении их на автомобильной технике связано с токсичностью соединений, попадающих в атмосферный воздух, воду, почву непосредственно из топлива (испарения, утечки) или с продуктами его сгорания. Для уменьшения выбросов вредных веществ современные автомобили оснащают каталитическими системами нейтрализации отработавших газов, системой улавливания паров топлива из бака автомобиля. Экологические свойства бензинов обеспечиваются ограничениями по содержанию отдельных токсичных веществ, по групповому углеводородному составу, по содержанию низкокипящих углеводородов, а также серы и бензола. Эти ограничения позволяют обеспечить надежную работу каталитической системы нейтрализации отработавших газов и способствуют уменьшению воздействия испарений топлива из бака автомобиля на загрязнение окружающей среды.

В связи с присоединением постсоветских республик к европейским экологическим программам возникла острая необходимость в организации промышленного производства автомобильных бензинов, соответствующих европейским требованиям (EN 228). В таблице 1 приведены требования к автобензинам в странах Европейского экономического сообщества [1]. Для России эти требования расширены, т. к. ее территория охватывает несколько природно-климатических районов – от очень холодного до теплого влажного.

Сделана попытка классификации сезонности применения топлива по классам испаряемости. ГОСТ Р 51866-2002 и ГОСТ 32513-2013 предусматривают производство 10 классов бензинов по испаряемости. Согласно ГОСТ Р 51866-2002 предельные значения характеристик испаряемости приведены в таблице 2. Диаграмма определения классов испаряемости бензинов приведена на рисунке 2. В этом же ГОСТе указана сезонность применения бензинов по классам испаряемости, регионам и по продолжительности зимнего и летнего периодов.

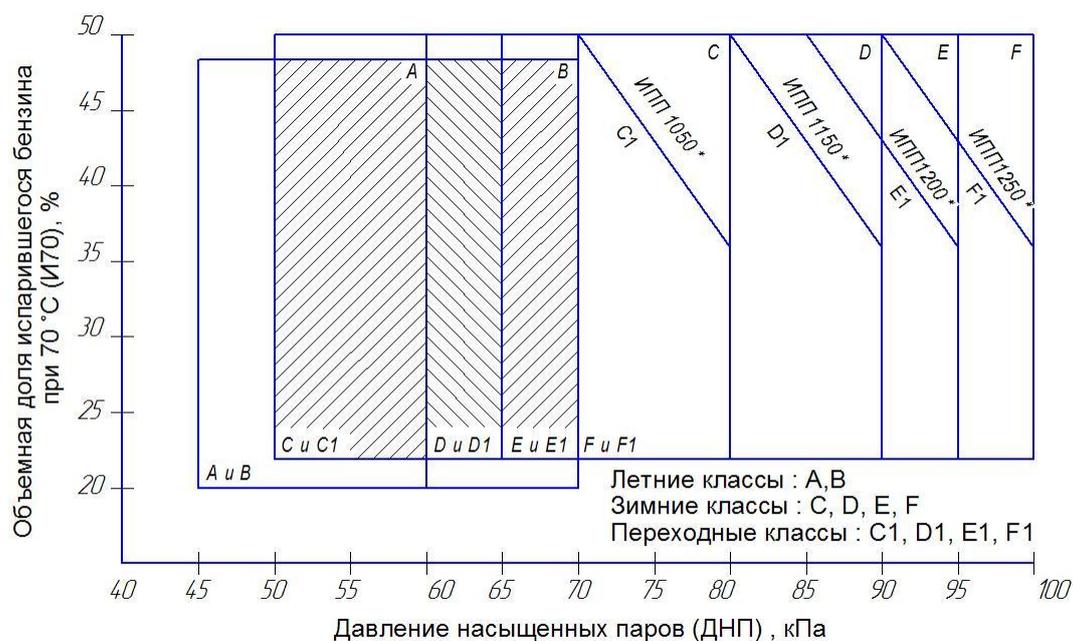
Таблица 1 – Требования к автомобильным бензинам Европейского экономического сообщества [1]

Показатель	Евро-3, 2002 г.	Евро-4, 2005 г.	Евро-5, 2009 г.
Содержание бензола, макс., % об.	1,0	1,0	1,0
Содержание неактивных соединений серы, макс.	150 ppm (мг/кг)	50 ppm (мг/кг)	10 ppm (мг/кг)
Содержание ароматических углеводородов СН, % об.	42	35	35
Содержание олефиновых углеводородов СН, % об.	18	18	18
Содержание кислорода, макс., % масс.	2,3	2,7	2,7
Фракционный состав:			
до 100 °С перегоняется, не менее, % об.	46	46	46
до 150 °С перегоняется, не менее, % об.	75	75	75
Давление насыщенных паров, кПа			
не более	60	60	60
Наличие моющих присадок	–	обязательно	

Таблица 2 – Классы испаряемости бензина (согласно ГОСТ Р 51866–2002 [6])

Наименование показателя	Значение для класса						Метод испытания
	A	B	C и C1	D и D1	E и E1	F и F1	
1. Давление насыщенных паров (ДНП), кПа:							По ГОСТ Р ЕН ИСО 13016
не менее	45	45	50	60	65	70	
не более	60	70	80	90	95	100	
2. Фракционный состав: объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:							По ГОСТ 2177 (метод А)
70 °С (И70)	20–48	20–48	22–50	22–50	22–50	22–50	
100 °С (И100)	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71	
150 °С (И150), не менее	75	75	75	75	75	75	
конец кипения, °С, не выше	210	210	210	210	210	210	
остаток в колбе, % (по объему), не более	2	2	2	2	2	2	
3. Максимальный индекс паровой пробки* ИПП = = 10 ДНП + 7 (И70)	A	B	C1	D1	E1	F1	–
	–	–	1050	1150	1200	1250	

* Для бензинов классов А, В, С, D, Е и F индекс паровой пробки не нормируется



* ИПП = 10ДНП+7(И70) - максимальный индекс паровой пробки

Рисунок 2 – Диаграмма определения классов испаряемости бензинов

Цель работы

Обосновать возможность определения удельного количества легкоиспаряющихся фракций топлива, непосредственно в баке транспортного средства по давлению его насыщенного пара и определить интервал значений этого параметра.

Изложение основного материала исследования

Испаряемость топлива тесно связана с его давлением насыщенного пара (ДНП).

Давление насыщенных паров, или упругость паров, – это давление, которое оказывают пары на стенки сосуда при испарении топлива в замкнутом пространстве. Оно характеризует пусковые качества топлива, динамику разгона и интенсивность износа цилиндров ДВС. ДНП зависит от химического и фракционного составов топлива. Как правило, чем больше в топливе содержится легкокипящих углеводородов, тем выше упругость паров. ДНП возрастает также при повышении температуры.

ГОСТ Р 51866-2002 и ГОСТ 32513-2013 не содержат требований по контролю температур начала перегонки, 10 %, 50 %, 90 % объемной доли перегонки летнего и зимнего бензина, как это было в старых ГОСТах. Вместо этого должен контролироваться объем испарившегося топлива при 70 °С, 100 °С и 150 °С. Этим ограничивается контроль содержания легкоиспаряющихся фракций.

Новые ГОСТы вводят новое понятие – классы испаряемости бензинов: летние (А и В), зимние (С, D, E, F) и переходные (межсезонные) – (С1, D1, E1, F1). Эти классы определяются сочетанием ДНП и объемной долей испарившегося топлива при 70 °С.

Согласно ГОСТ Р 51866-2002 в летних сортах бензинов ДНП не должно быть менее 45 и не более 60–70 кПа. Зимние сорта бензинов для облегчения пуска двигателя в холодное время года имеют большие значения ДНП: не менее 50–70 кПа и не более 80–100 кПа (таблица 2, рисунок 2). Объемная доля испарившегося топлива при 70 °С летних сортов отличается от зимних всего на 2 %. Объемные доли испарившегося топлива при 100 °С и 150 °С для летних и зимних сортов совпадают. При этом часть областей значения ДНП и объемной доли испарившегося бензина при 70 °С для летних (классы А и В) и зимних (классы С, D, E и F) накладываются (отмечено штриховкой на рисунке 2). Попадание значений указанных параметров в эти зоны не дает однозначного ответа, – какой класс исследуемого бензина: летний, зимний или переходной.

ГОСТ 32513-2013 нивелирует определение классов испаряемости: ДНП в летний период должно быть 35–80 кПа, а в зимний и межсезонный период 35–100 кПа. Объемная доля испарившегося бензина при температуре 70 °С (И70), должна быть: для летнего бензина 15–48 %; для зимнего и межсезонного 15–50 %. Для температур 100 °С и 150 °С показатели испаряемости для всех классов совпадают: И100 в интервале 40–70 %; И150 – не более 75 % объема. Понятно, что определить класс испаряемости по установленным значениям невозможно.

Следовательно, необходима дополнительная информация по определению класса испаряемости. Таковой может быть зависимость ДНП от температуры бензина.

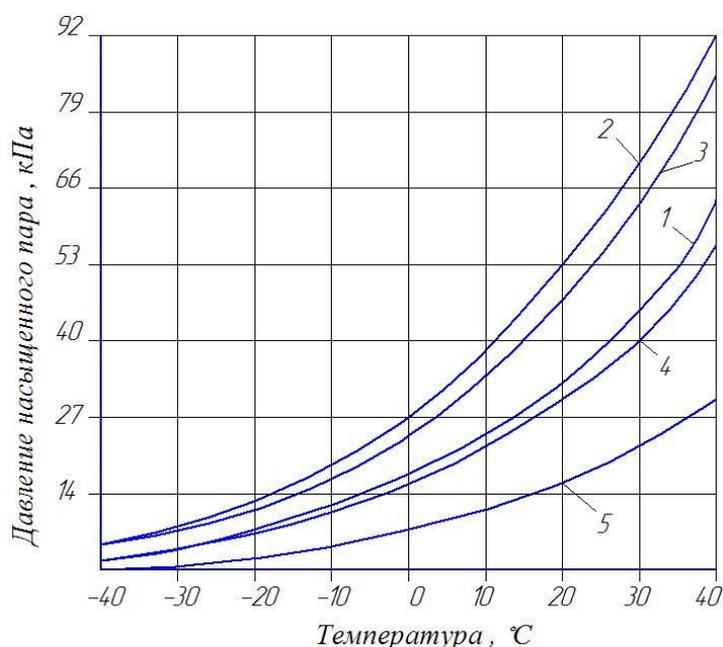
Давление паров (ГОСТ 1756-2000 [9]), определяют выдерживая испытуемый бензин 20 мин в герметичном резервуаре (бомбе Рейда) при 38 °С и при соотношении объемов паровой $V_{п}$ и жидкостной $V_{ж}$ камер 4:1. По происшествии данного времени, после интенсивного перемешивания (встряхивания), по манометру фиксируют давление паров бензина.

В топливном баке автомобиля температура топлива, соотношение объемов $V_{п} / V_{ж}$ постоянно меняются. Зависимость давления паров топлива в баке транспортного средства от указанных факторов характеризует содержание в топливе легкоиспаряющихся фракций. Правильность этого вывода подтверждают проведенные замеры, представленные в таблице 3 [10]. Чем меньше объем паровой фазы, тем больше величина ДНП, определяемая наиболее

низкокипящими фракциями. В таблице 3 [10] приведена зависимость ДНП для бензина от температуры и соотношения $V_{\text{п}} / V_{\text{ж}}$, а на рисунке 3 [10] график изменения ДНП от температуры различных классов и сортов топлива.

Таблица 3 – Зависимость давления насыщенных паров бензина от температуры при различных соотношениях паровой и жидкой фаз [10]

Соотношение паровой и жидкой фаз $V_{\text{п}} / V_{\text{ж}}$	Давление насыщенных паров, кПа, при температуре, °С		
	5	30	50
1:1	53	139	284
1:3	51	136	277
1:10	48	129	262
1:25	45	121	240
1:50	43	113	222
1:100	42	106	198



1, 4 – летний (А-76, АИ-93); 2, 3 – северный (А-76, образцы 1 и 2); 5 – южный (А-76), по предлагаемой ранее классификации [10]

Рисунок 3 – Зависимость давления насыщенных паров опытных бензинов от температуры

Следовательно, имея датчик давления паров топлива, зная его температуру и соотношение объемов $V_{\text{п}} / V_{\text{ж}}$ в баке транспортного средства, можно определить объемную долю легкоиспаряющихся углеводородов.

Использование бензина с высокой упругостью паров приводит к повышенному образованию паровых пробок в системе питания, снижению наполнения цилиндров, падению мощности. Кроме того, ДНП характеризует физическую стабильность бензина при хранении, транспортировке и применении по назначению.

Современные экологически чистые двигатели имеют закрытую, комплексную вентиляцию топливного бака автомобиля, где испарения топлива в баке накапливаются в адсорбере, а затем, при работе двигателя, отсасываются во впускной коллектор. Система улавливания паров топлива EVAP (Evaporative Emission Control – удаление, выпуск испарений), кроме главного элемента, – угольного адсорбера, содержит электромагнитный клапан продувки адсорбера. Этот клапан управляется сигналом от модуля управления двигателем (ЕСМ) или от датчика

давления паров бензина в баке. Вторым вариантом представлен, к примеру, на Toyota RAV 4 [11]. Датчик давления паров в топливном баке отслеживает изменения давления внутри бака и когда давление превысит установленный порог (20–30 кПа), открывает вакуумный переключающий клапан и пропускает пары из топливного бака в угольный адсорбер.

Крышка заливной горловины топливного бака в целях безопасности снабжена двухканальным клапаном. В зависимости от различных условий, в топливном баке может создаваться как повышенное давление, так и разрежение. При неисправности системы улавливания паров топлива этот клапан срабатывает при давлении (разрежении) 85–90 кПа.

Следовательно, диапазон измеряемого в баке давления паров бензина – 30–90 кПа.

К сожалению, в маркировке бензинов, применяемых в России и Украине, не отражается класс испаряемости. При заправке автомобиля в разные сезоны года требуется уточнять этот показатель. Лучше всего это делать непосредственно в баке автомобиля, – мобильным прибором. Бортовой датчик давления паров топлива предусмотрен в приборе, разработанном нами для точного контроля количества и качества топлива в баке транспортного средства [2].

Этот прибор, кроме датчика давления паров топлива, содержит еще два датчика давления, которые измеряют вес и плотность бензина. Плотность топлива характеризует его групповой состав и является основным параметром для пересчета весовых значений в объем топлива в баке АТС.

Плотность, давление паров топлива зависят от его температуры. Поэтому в приборе предусмотрены датчики температуры жидкой и парообразной фаз топлива. Давление паров бензина зависит также от соотношения объемов жидкой и паровой фаз в баке. Эту величину можно получить, зная полный объем бака.

Сопоставляя давление пара при различных температурах и соотношении парового и жидкостного объемов топлива в баке, можно определить к какому классу испаряемости принадлежит используемый бензин. Зависимость плотности топлива от его температуры позволяет более точно определить количество топлива в баке АТС.

Выводы

1. Для автовладельца очень важно достоверно знать качество топлива, используемого в двигателе своего автомобиля. Давно назрела необходимость контролировать основные параметры качества топлива непосредственно на борту автомобиля.

2. Одним из основных параметров качества бензина, который легко определить в баке АТС, является испаряемость. Современные ГОСТы на неэтилированные бензины вводят новую классификацию бензинов по испаряемости и делят их на летние, зимние и межсезонные.

3. Показатели параметров, определяющих класс испаряемости, согласно последних ГОСТов, не дают четкой границы (однозначности) класса испаряемости товарного бензина и сезонности его применения.

4. Необходима текущая информация об испаряемости бензина в условиях его применения (в топливном баке АТС). Основным показателем определения испаряемости бензина является давление его паров в замкнутом пространстве.

5. Соответствие испаряемости бензина сезонным условиям является зависимостью давления паров бензина в топливном баке от температуры и соотношения паровой и жидкостной фаз топлива в баке. При этом датчик давления паров бензина в баке автомобиля должен работать в диапазоне 30–90 кПа.

Список литературы

1. Васильева, Л. С. Эксплуатационные материалы для подвижного состава автомобильного транспорта / Л. С. Васильева. – М. : Наука, 2014. – 423 с.
2. Кудинов, В. И. Прибор определения количества, качества и удельного расхода топлива для автотранспортного средства / В. И. Кудинов, Д. В. Кудинов // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile

and Highway Institute. – 2018. – № 3 (26). – С. 49–55.

3. Гуреев, А. А. Квалификационные методы испытаний нефтяных топлив / А. А. Гуреев, Е. П. Серегин, В. С. Азев. – М. : Химия, 1984. – 200 с.
4. Колесник, П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте / П. А. Колесник, В. С. Кланица. – М. : Академия, 2010. – 320 с.
5. ГОСТ 2084-77. Бензины автомобильные. Технические условия. – Введ. 1979-01-01. – М. : Стандартиформ, 1980. – 9 с.
6. ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004). Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. – Введ. 2002-01-31. – М. : Стандартиформ, 2009 – 23 с.
7. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 16 с.
8. Колосюк, Д. С. Експлуатаційні матеріали / Д. С. Колосюк, Д. В. Зеркалов. – К. : Арістей, 2007. – 244 с.
9. ГОСТ 1756-2000 (ИСО 3007-99). Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров. – Введ. 2001-07-01. – М. : Стандартиформ, 2006. – 16 с.
10. Гуреев, А. А. Испаряемость топлив для поршневых двигателей / А. А. Гуреев, Г. М. Камфер. – М. : Химия, 1982. – 264 с.
11. Toyota RAV 4. Датчик давления паров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://add-auto.ru/car22/toyota-rav4-datchik-davleniya-parov.php>.

В. И. Кудинов, Д. В. Кудинов

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Определение давления паров бензина в баке транспортного средства

как важный показатель качества топлива

Хранение, многократное переливание топлива из одной емкости в другую при транспортировке и при заправке АТС сказывается на его качестве: часть легких фракций испаряется, топливо насыщается влагой атмосферного воздуха, механическими примесями. Качество топлива непосредственно в баке автомобиля при его применении не контролируется. Косвенно о качестве топлива можно судить по эксплуатационным свойствам двигателя автомобиля: легкость пуска, устойчивая работа на холостых оборотах, динамика разгона, мощность (тяга), расход топлива и прочее. О качестве топлива, заливаемого в бак транспортного средства, много обсуждений в прессе и интернете. Давно назрела необходимость своевременного (в процессе заправки на АЗС) определения не только точного (до 0,1 литра) количества заправляемого топлива, но и установления основных показателей качества топлива. В настоящее время актуально разработать несложный прибор определения важных показателей качества и количества заправляемого топлива в баке транспортного средства. К обязательной установке таких приборов на автомобиль заводы-изготовители до сих пор не приступили.

Часто требования производителей ДВС и возможности, желания нефтепереработчиков противоречат друг другу. Производители топлива для увеличения выхода топлива из нефти повышают температуру конца кипения, что приводит к увеличению в топливе тяжелых фракций. Это приводит к усилению смыва масляной пленки с зеркала цилиндра и, как следствие, снижению надежности работы ДВС.

Современные ГОСТы на изготовление бензина адаптированы под европейские требования (EN 228), где нет контроля содержания в топливе легкоиспаряющихся фракций. ГОСТ Р 51866-2002 и ГОСТ 32513-2013 делят топливо на 10 классов испаряемости, которые определяются давлением насыщенного пара бензина и определенной объемной долей испарившегося топлива при 70 °С, 100 °С и 150 °С.

В маркировке бензина нет прямых указателей класса испаряемости топлива. Определить соответствие применяемого бензина времени года практически невозможно. Это приводит к неоднозначности в выборе качественного бензина при различных сезонных температурах года.

Топлива, имеющие высокое давление паров, могут слишком быстро испаряться в системах управления подачей топлива, что приводит к снижению потока топлива к двигателю (снижению его мощности) и возможной закупорке топливопровода из-за паровой пробки (остановке двигателя). И наоборот, топлива с низким давлением паров не могут достаточно легко испаряться, что приводит к затруднению пуска двигателя, снижению скорости и степени его прогрева, а также приемистости и динамичности работы двигателя.

В топливном баке автомобиля температура, соотношение объемов паровой $V_{п}$ и жидкостной $V_{ж}$ фаз топлива постоянно меняются. Зависимость давления паров топлива в баке транспортного средства от указанных факторов характеризует содержание в топливе легкоиспаряющихся фракций. Чем меньше объем паровой фазы – тем больше величина ДНП, чем выше температура – тем выше ДНП.

Следовательно, имея датчик давления паров бензина, зная его температуру и соотношение объемов $V_{п} / V_{ж}$ в баке транспортного средства, можно определить объемную долю легкоиспаряющихся углеводородов.

Для оперативного контроля испаряемости применяемого топлива важно иметь бортовой датчик давления паров топлива. Такой датчик предусмотрен в разработанном нами приборе определения количества, каче-

ства и удельного расхода топлива для автотранспортного средства [патент UA 82471 C2], который в сочетании с датчиком плотности и веса топлива позволяет своевременно принять меры к улучшению экономичности, экологичности и надежности работы ДВС.

МОТОРНОЕ ТОПЛИВО, ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ТОПЛИВА, ИСПАРЯЕМОСТЬ ТОПЛИВА, ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ТОПЛИВА, СООТНОШЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПАРОВОЗДУШНОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗ ТОПЛИВА

V. I. Kudinov, D. V. Kudinov

Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka

Determination of the Gasoline Vapor Pressure in the Vehicle Tank as an Important Indicator of the Fuel Quality

Fuel storage, its multiple pouring from one capacity to another during transportation and vehicle fuelling affect its quality: part of light fractions evaporates, fuel is saturated with atmospheric air moisture, mechanical impurities. Fuel quality in the automobile tank at its consumption is not monitored. Indirectly, fuel quality can be judged by the performance properties of the automobile engine: startability, stable operation at idle revolutions, dynamics of the acceleration, output (draft), fuel consumption and others. Fuel quality filling in the vehicle tank is discussed a lot in the press and Internet. The necessity to determine timely (during filling at the gas station) not only accurate (up to 0,1 litre) quantity of filling fuel but to establish basic indicators of the fuel quality is long overdue. At present time, it is actual to develop simple device to determine important quality and quantity indicators of the fuel filling in the vehicle tank. Manufacturers have not yet begun the mandatory installation of such devices on an automobile.

Often the demands of these opponents contradict each other. Fuel manufacturers to increase fuel output from oil elevate the temperature of the end boiling point. It leads to an increase of heavy fractions in the fuel and to an increased flushing of the oil film from the cylinder-bearing surface and as a result to the reduction of the ICE reliability.

Modern State Standards for gasoline manufacture are adapted to European requirements (EN 228) without control of light volatile fractions content in the fuel. State Standards R 51866-2002 and 32513-2013 divide fuel into 10 classes of evaporability, determined by the pressure of the gasoline saturated vapor and certain inclusion volume fraction of the evaporated fuel at 70 °C, 100 °C and 150 °C.

In the gasoline marking there are no direct indicators of the evaporated fuel class. It is almost impossible to determine the conformity of the gasoline used to the season. It leads to the ambiguity in the choice of high-quality gasoline at various seasonal temperatures of the year.

Fuels having high vapor pressure can evaporate too quickly in the systems of the fuel delivery control, it leads to a decrease in the fuel flow to the engine (reduction of its power) and possible fuel pipe choking due to the vapor lock (engine shutdown). Conversely, fuels with low vapor pressure cannot evaporate easily enough, which leads to the difficulty of the engine start, speed reduction and degree of its warming up as well as engine acceleration capability and its dynamic operation.

In the automobile fuel tank temperature, volume ratio of fuel vapor V_v and liquid V_l phases are constantly changed. The dependence of the fuel vapor pressure in the vehicle tank on given factors characterizes the content of light volatile fractions in the fuel. The less volume of vapor phase, the more volume of the saturated vapor pressure, the higher the temperature, the higher the saturated vapor pressure.

Therefore having pressure sensor of gasoline vapor, knowing its temperature and volume ratio of $V_v / V_{ж}$ in the vehicle tank, we can determine inclusion volume fraction of light volatile carbohydrates.

To control quickly evaporability of the fuel used it is important to have on-board pressure sensor of gasoline vapor. This sensor is provided in the device developed by us, which determines quantity, quality and specific fuel consumption for a vehicle [patent UA 82471 C2]. In combination with a fuel density and weight sensor it allows to take timely measures to improve efficiency, ecological compatibility and reliability of the ICE operation.

МОТОР FUEL, FRACTIONAL FUEL CONTENT, FUEL EVAPORABILITY, SATURATED VAPOR PRESSURE, VOLUME RATIO OF FUEL VAPOR AND LIQUID PHASES

Сведения об авторах:

В. И. Кудинов

Телефон: раб. +38 (06242) 55-31-54

моб. +38 (071) 384-21-49

Эл. почта: kudinov.valerii@mail.ru

Д. В. Кудинов

Телефон: +38 (050) 847-03-26

Эл. почта: kudinov.valerii@mail.ru

Статья поступила 10.02.2019

© В. И. Кудинов, Д. В. Кудинов, 2019

Рецензент: А. П. Карпинец, канд. хим. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»