УДК 665.733.5

ВЛИЯНИЕ СПИРТОВ НА ИСПАРЯЕМОСТЬ БЕНЗИНА

канд. техн. наук, доц. А.А. ЕРМАК, О.С. ПИЩЕЙКО, А.А. СИДОРОВ
(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрено влияние фракционного состава на эксплуатационные характеристики автомобильных бензинов. Показано, что использование алифатических спиртов является перспективным направлением повышения их качества. Рассмотрены основные недостатки спиртосодержащих бензинов и способы их устранения. Приведены результаты исследования влияния этилового, изопропилового, изобутилового и изоамилового спиртов на фракционный состав бензина. Выявлена взаимосвязь между изменением фракционного состава бензина и образованием в результате межмолекулярных взаимодействий в его смесях со спиртами азеотропных смесей. Показано, что этиловый и изопропиловый спирты, облегчая запуск холодного двигателя при низких температурах, значительно увеличивая объемную долю испарившегося бензина при 70 °С, повышают склонность бензина к образованию паровых пробок, способствуют снижению полноты его сгорания. Изобутиловый спирт улучшает испаряемость средней и тяжелой частей бензина, способствует улучшению полноты сгорания топлива, снижению интенсивности износа двигателя. Предложены перспективные направления регулирования испаряемости товарных бензинов.

Введение. Одним из важнейших показателей качества автомобильных бензинов является их испаряемость, характеризующая способность к образованию горючей смеси. От этого показателя зависят такие характеристики двигателя, как легкий и надежный пуск, длительность прогрева, приемистость и пр. Важнейшие показатели, определяющие испаряемость бензинов, – давление насыщенных паров и фракционный состав. Эти два параметра определяют пусковые свойства бензинов, их склонность к образованию паровых пробок, физическую стабильность, экологические характеристики, потери при хранении и транспортировке [1 – 3].

Согласно СТБ 1656-2006 (ЕН 228-2004) «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические требования и методы испытаний» в зависимости от испаряемости установлено 10 классов бензинов: для летнего периода – A, B; для зимнего периода – C, D, E, F; для переходного периода – C1, D1, E1 и F1. При выборе класса определяют давление насыщенных паров, объемные доли испарившегося бензина при 70 °С (E70), 100 °С (E100), 150 °С (E150) и температуру конца кипения. Согласно ГОСТ 31077-2002 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия» при определении фракционного состава бензина контролируют температуры перегонки 10, 50, 90 % об., температуры начала и конца кипения.

Пусковые свойства бензина зависят от содержания в нем легких фракций, которое может быть определено по давлению насыщенных паров, объему фракций, выкипающих при температуре до 70 °С, или температуре перегонки 10 % об. бензина. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя. Однако чрезмерное содержание низкокипящих фракций в составе бензинов может вызвать неполадки в работе прогретого двигателя, связанные с образованием паровых пробок в системе подачи топлива. Для обеспечения надежной эксплуатации транспортных средств в различных климатических условиях используется показатель «индекс испаряемости», или «индекс паровых пробок», являющийся функцией давления насыщенных паров и объемной доли бензина, испарившегося при 70 °С. Чем выше давление насыщенных паров бензина, ниже температуры начала кипения и перегонки 10 % об. и больше объем фракции, выкипающей при температуре до 70 °С, тем больше его склонность к образованию паровых пробок. От содержания в бензине легкокипящих фракций также зависит его физическая стабильность, т. е. склонность к потерям от испарения.

Фракционный состав топлива влияет на такие показатели работы двигателя, как скорость прогрева, приемистость и износ цилиндропоршневой группы. Уменьшение объема испарившегося бензина при 100 °С или повышение температуры перегонки 50 % его объема приводят к увеличению времени прогрева двигателя, неустойчивой работе на малых оборотах, ухудшает его приемистость или лёгкость перехода с холостой работы под нагрузку.

Для нормальной работы двигателя большое значение имеет полнота испарения топлива. Уменьшение объема испарившегося бензина при 150 °С, повышение температур перегонки его 90 % об. и конца кипения снижает полноту сгорания топлива, способствует смыванию масла со стенок цилиндров, разжижению масла в картере, что в конечном итоге приводит к увеличению интенсивности износа двигателя и перерасходу топлива.

Современные тенденции в топливной промышленности, такие как ужесточение экологических требований к топливу, рост объемов потребления высокооктановых бензинов, повышение себестоимости добычи нефти, ухудшение качества добываемой нефти и, как следствие, удорожание ее переработки, приводят к необходимости пересмотра традиционных подходов к производству моторных топлив. В первую очередь это касается получения высокооктановых бензинов с использованием компонентов топлив, альтернативных нефтяным. Решением этих вопросов может стать использование спиртов в качестве добавок к традиционному бензину, и в первую очередь этилового спирта, производимого из возобновляемых источников сырья. Это направление является перспективным не только в плане сохранения нефтяных ресурсов, но и повышения качества бензинов.

Главное достоинство спиртосодержащих топлив – высокие антидетонационные характеристики и улучшение экологических свойств. Наиболее эффективной антидетонационной добавкой среди алифатических спиртов является этанол. При использовании спиртов уменьшается количество монооксида углерода, оксидов азота и сажи, однако возрастает содержание альдегидов в отработанных газах двигателей. К недостаткам спиртосодержащих бензинов относятся меньшая, чем у обычного бензина, теплотворная способность, низкая фазовая стабильность, приводящая к их расслоению с образованием двух равновесных фаз: водно-спиртовой и углеводородно-спиртовой. Исследования и опыт применения этанола в качестве топлива показали, что наиболее эффективным способом обеспечения фазовой стабильности спиртосодержащих топлив и снижения их коррозионной активности является обезвоживание или абсолютирование. Согласно требованиям СТБ EN 15376-2008 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Этанол в качестве компонента бензина. Технические требования и методы испытаний» содержание воды в топливном этаноле не должно превышать 0,3 % масс. В связи с наличием в спиртах полярной гидроксильной группы, которая делает их химически более активными, чем эфиры и традиционные виды топлив, усиливается коррозионная активность бензинов [4].

В результате анализа литературных источников установлено, что к настоящему времени в области получения и регулирования свойств спиртосодержащих бензинов выполнен большой объем научных исследований. В частности, в работе [5] проведены исследования антидетонационной эффективности индивидуальных алифатических спиртов и их смесей с бензином. Показано, что при использовании смесей двух спиртов в качестве антидетонационных добавок, в частности этилового спирта с метиловым, изопропиловым или изобутиловым спиртами, наблюдается синергетический эффект их совместного присутствия. Величина этого эффекта зависит от качественного и количественного состава спиртовой добавки, ее концентрации в спиртобензиновой смеси и группового состава базового бензина и варьируется в пределах 0,4…3,3 октановых единиц. В работе [6] изучено влияние спиртов на фазовую стабильность этанолсодержащих бензинов. Установлено, что использование в качестве сорастворителя спиртов с большей молярной массой позволяет значительно понизить температуру дестабилизации смеси этанола с катализатом риформинга.

Однако опыт применения этанолсодержащих топлив показал, что по сравнению с обычными бензинами они более склонны к образованию паровых пробок в топливной системе за счет более высокого давления насыщенных паров. В работе [6] показано, что при добавлении 5 % об. этанола давление насыщенных паров бензина повышается на 44 %. При этом глубокого изучения влияния спиртов на испаряемость бензина не проводилось.

В связи с вышесказанным поиск способов регулирования испаряемости спиртосодержащих автомобильных бензинов, а также оптимизация их компонентного состава с целью улучшения эксплуатационных характеристик является актуальной задачей.

Исследовательская часть. Цель настоящей работы – изучение и оценка влияния алифатических спиртов на фракционный состав бензина.

В качестве объекта исследований был выбран бензин Нормаль-80 (Н-80) производства ОАО «Нафтан» и его смесь с 10 % об. этилового, изопропилового, изобутилового (2-метил-1-пропанол) и изоамилового (3-метил-1-бутанол) спиртов. Температуры кипения перечисленных спиртов соответственно составляют 78,3, 82,4, 108,1 и 131,2 °С.

Смешивание компонентов проводилось при комнатной температуре (18 ± 2)°С путем механического перемешивания в течение 15 минут. Перед добавлением в бензин этиловый спирт был предварительно обезвожен путем добавления к нему прокаленного хлорида кальция. Фракционный состав образцов определялся согласно ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава». Результаты исследований проиллюстрированы на рисунке 1.

Кривые, представленные на этом рисунке, свидетельствуют о сложном характере влияния добавки изучаемых спиртов на фракционный состав бензина. В частности, этанол и изопропанол приводят к заметному увеличению объемной доли фракций бензина, выкипающих при температурах ниже 90 °С, и

уменьшению объема фракций, выкипающих при температурах более 120 °С. Изобутанол практически не влияет на фракционный состав легкой части бензина, при этом увеличивая долю испарившегося бензина с температурой кипения выше 95 °С. Изоамиловый спирт снижает испаряемость фракций, выкипающих в интервале температур от 80 до 110 °С, не оказывая заметного влияния на испаряемость более легких и тяжелых фракций бензина.

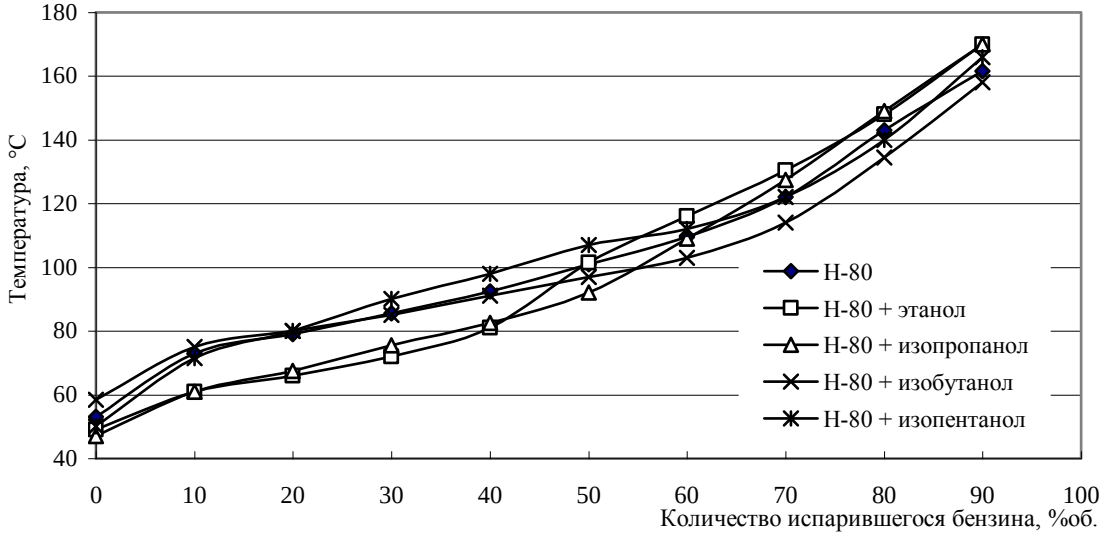

Рис. 1. Влияние добавки 10 % об. спирта на фракционный состав бензина

Полученные результаты можно объяснить различием температур кипения вводимых в бензин спиртов и возникновением межмолекулярных взаимодействий, приводящих к образованию в системе бинарных и, вероятно, многокомпонентных азеотропных смесей. В частности, такой компонент бензина, как толуол, имеющий температуру кипения 110,5 °С, образует азеотропные смеси с этанолом и изопропанолом с температурами кипения около 76 и 92 °С соответственно. Бинарные азеотропные смеси с толуолом также образуют изобутанол и изопентанол, однако их температуры кипения в меньшей степени отличаются от температуры кипения толуола и равны соответственно 101,1 и 109,7 °С [7].

С целью оценки влияния спиртов на эксплуатационные свойства бензина, зависящие от его испаряемости, на основании данных определения фракционного состава (см. рис. 1) были построены диаграммы, отражающие влияние добавки спирта на температуры выкипания 10, 50 и 90 % об. бензина (рис. 2) и на объем испарившегося бензина при температурах 70, 100 и 150 °С (рис. 3).

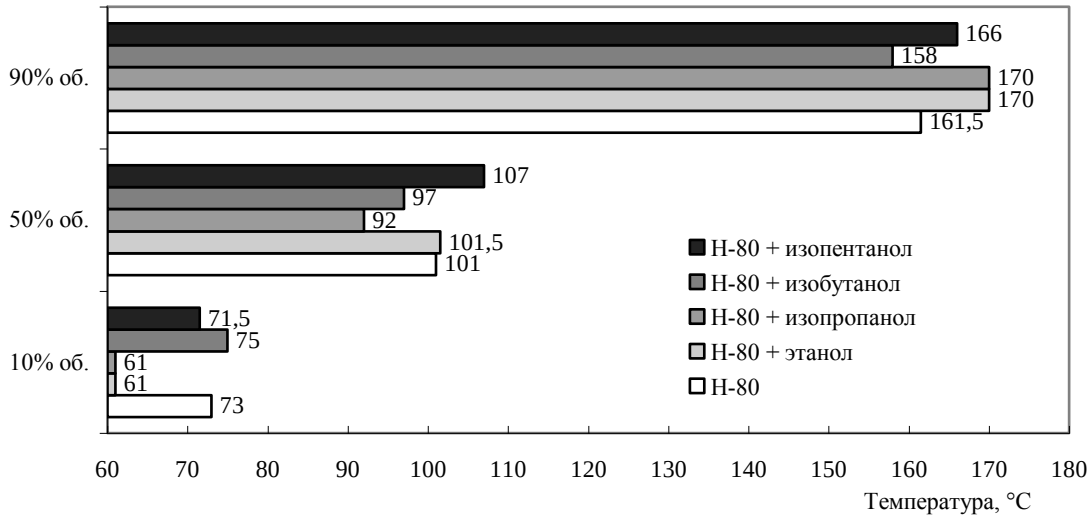

Рис. 2. Влияние добавки 10 % об. спирта
на температуры выкипания 10, 50 и 90 % об. бензина

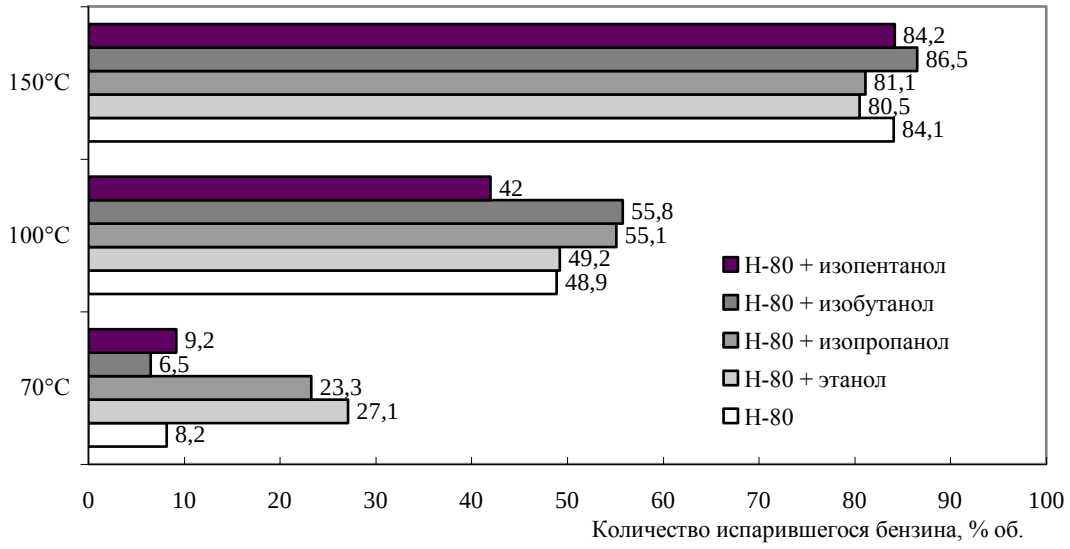

Рис. 3. Влияние добавки 10 % об. спирта
на объем испарившегося бензина при температурах 70, 100 и 150 °С

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при введении в бензин этилового или изопропилового спирта, температура википания 10 % об. бензина снижается на 12 °С (см. рис. 2), что увеличивает склонность спиртобензиновой смеси к образованию паровых пробок в топливной системе. При этом согласно номограмме [8, с. 30, рис. 8], используемой для эксплуатационной оценки бензинов по результатам определения их фракционного состава, образование паровых пробок будет наблюдаться при температуре наружного воздуха 45 °С и выше, что на 12 °С ниже, чем у исходного бензина. В то же время эти спирты улучшают пусковые свойства бензина, позволяя осуществить легкий запуск холодного двигателя при температуре до минус 10 °С. При этом температура топлива, при которой практически невозможен запуск холодного двигателя, понижается до минус 20 °С, что на 7 °С ниже, чем у исходного бензина. Введение в бензин этилового или изопропилового спиртов позволяет увеличить долю испарившегося бензина при 70 °С на 18,9 и 15,1 % об. соответственно. Следовательно, эти спирты можно рекомендовать для регулирования показателя испаряемости товарных бензинов Е70, который согласно СТБ 1656-2006 (ЕН 228-2004) должен находиться в пределах для класса В от 20 до 48 % об., а для класса D(D1) от 22 до 50 % об. Изобутанол и изопентанол не оказывают заметного влияния на образование паровых пробок и пусковые свойства бензина.

Скорость прогрева и приемистость двигателя заметно увеличиваются при введении в бензин изопропилового или изобутилового спиртов. При этом по сравнению с исходным бензином на 6,2 и 5,9 % об. возрастает объем испарившейся спиртобензиновой смеси при 100 °С (см. рис. 3) и снижается температура выкипания половины его объема на 9 и 4 °С соответственно (см. рис. 2). Этиловый спирт практически не оказывает влияния на эти характеристики топлива, а изопентанол ухудшает их, повышая температуру выкипания 50 % об. бензина на 6 °С и снижая объем испарившегося бензина при 100 °С на 6,9 % об.

Установлено, что при добавлении к бензину этилового или изопропилового спиртов на 8,5 °С повышается температура выкипания 90 % об. смеси и на 3,6 и 3 % об. соответственно снижается объем испарившегося бензина при 150 °С, что способствует снижению полноты сгорания топлива и увеличению интенсивности износа двигателя. Улучшение этих показателей наблюдается только при введении в бензин изобутилового спирта, который снижает температуру выкипания 90 % об. смеси на 3,5 °С и увеличивает объем испарившегося топлива при 150 °С на 2,4 % об.

Выводы:

1) испаряемость является одним из важнейших показателей качества автомобильных бензинов, характеризуя их способность к образованию горючей смеси и оказывая существенное влияние на эксплуатационные характеристики и надежность работы двигателя. Важнейшими показателями, определяющими испаряемость бензинов, являются давление насыщенных паров и фракционный состав;

2) при добавлении к бензину одноатомных алифатических спиртов наблюдается изменение его фракционного состава, связанное с различием температур кипения вводимого в бензин спирта и возникновением межмолекулярных взаимодействий, приводящих к образованию в системе бинарных и, вероятно, многокомпонентных азеотропных смесей;

3) этиловый спирт, облегчая запуск холодного двигателя при низких температурах, увеличивает склонность бензина к образованию паровых пробок в топливной системе, способствует снижению полноты сгорания спиртобензиновой смеси и интенсификации износа двигателя;

4) изопропиловый спирт, увеличивая склонность бензина к образованию паровых пробок и снижая полноту сгорания топлива, увеличивает скорость прогрева и приемистость двигателя;

5) этиловый и изопропиловый спирты существенно увеличивают объемную долю испарившегося бензина при 70 °С, что позволяет их рекомендовать для регулирования испаряемости легкой части товарных бензинов, в частности показателя Е70 и «индекс паровых пробок»;

6) изобутиловый спирт улучшает испаряемость средней и тяжелой частей бензина, что способствует улучшению полноты сгорания топлива, увеличению скорости прогрева двигателя и снижению интенсивности его износа. На пусковые свойства бензина изобутиловый спирт не оказывает заметного влияния;

7) добавка изоамилового спирта не оказывает существенного влияния на фракционный состав бензина, незначительно снижая его полноту сгорания, ухудшая приемистость двигателя и увеличивая интенсивность его износа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов, В.Е. Все о топливе. Автомобильный бензин: Свойства, ассортимент, применение / В.Е. Емельянов. – М.: ООО «Изд-во Астрель»: ООО «Изд-во АСТ», 2003. – 79 с.
2. Поконова, Ю.В. Нефть и нефтепродукты: справочник / Ю.В. Поконова. – СПб.: АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 904 с.
3. Мановян, А.К. Технология переработки природных энергоносителей / А.К. Мановян. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 456 с.
4. Спирты как добавки к бензинам / В.В. Макаров [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 8. – С. 24 – 26.
5. Даниленко, Т.В. Разработка топливных композиций бензинов с добавлением алифатических спиртов: дис. … канд. техн. наук: 05.17.07 / Т.В. Даниленко. – М., 2005. – 169 с.
6. Синьчжоу, Лю. Разработка высокооктановых кислородсодержащих топливных композиций: дис. … канд. техн. наук: 05.17.07 / Лю Синьчжоу. – Уфа, 2004. – 118 с.
7. Огородников, С.К. Азеотропные смеси: справочник / С.К. Огородников, Т.М. Лестева, В.Б. Коган; под ред. проф. В.Б. Когана. – Л.: Химия, 1971. – 848 с.
8. Джерихов, В.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: лабораторный практикум: учеб. пособие / В.Б. Джерихов, О.М. Суворов, А.В. Соловьев; СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 109 с.

Поступила 27.06.2011

EFFECT OF ALCOHOLS ON THE EVAPORATION OF GASOLINE

A. YERMAK, O. PISCHEYKO, A. SIDOROV

The influence of the fractional composition of the performance characteristics of gasoline is presented in the article. It is shown that the use of aliphatic alcohols is a promising way to improve their quality. The main disadvantages of alcohol-containing gasoline are shown. There are results of research of influence of ethyl, isopropyl, isobutyl and isoamyl alcohols on the fractional composition of gasoline. The interrelation between the change in the fractional composition of gasoline and as a result of the formation of intermolecular interactions in its mixtures with alcohols azeotropic mixtures are stated. It is shown that the ethyl and isopropyl alcohols easier cold start at low temperatures, significantly increasing the volume fraction of the vaporized fuel at 70 °C, increase the propensity of gasoline to the formation of vapor lock, reduce the completeness of its combustion. Isobutyl alcohol improves the volatility of medium and heavy parts of gasoline, improving the completeness of fuel combustion, reduced the intensity of wear of the engine. The perspective directions of regulation of the evaporation of commercial gasoline is offered.