



УДК 665.7.038.3

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕТОНАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ АВТОБЕНЗИНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КЛАССА

### OPTIMIZATION OF THE KNOCK DISTRIBUTION COEFFICIENT OF ECOLOGICAL GASOLINE GASOLINES

**Ковалева Екатерина Борисовна**

аспирант направления подготовки  
18.03.01 «Химическая технология»,  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский  
технический университет»  
K0valevaEB@yandex.ru

**Дьячкова Светлана Георгиевна**

доктор химических наук, профессор,  
зав. кафедрой химической технологии,  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский  
технический университет»  
dyachkova@istu.edu

**Олейник Даниил Александрович**

магистрант направления подготовки  
18.03.01 «Химическая технология»,  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский  
технический университет»  
oleinikdang@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проведена оценка физико-химических свойств оксигенатов и легких углеводородов. Изучено влияние их смесей на эксплуатационные характеристики при вовлечении в автомобильные бензины. Предложена композиционная смесь, состоящая из метил-трет-бутилового эфира, изобутилового спирта и парафинов изо-строения, получаемых в процессе серноокислотного алкилирования олефинов (алкилат), позволяющая в равной мере увеличить октановое число узких низкокипящих и высококипящих фракций, входящих в состав бензиновой смеси, т.е. значение коэффициента распределения детонационной стойкости, близко к максимуму – 1.

**Ключевые слова:** коэффициент распределения детонационной стойкости, оксигенаты, легкие углеводороды, автомобильные бензины.

**Kovaleva Ekaterina Borisovna**

Postgraduate Student  
of the Direction of Preparation  
18.03.01 «Chemical Technology»,  
Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education «Irkutsk  
National Research Technical University»  
K0valevaEB@yandex.ru

**Dyachkova Sventlana Georgievna**

Doctor of Chemistry, Professor,  
Head of the Department  
of Chemical Technology,  
Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education «Irkutsk  
National Research Technical University»  
dyachkova@istu.edu

**Oleinik Daniil Alexandrovich**

Master's Degree Student  
18.03.01 «Chemical technology»,  
Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education «Irkutsk  
National Research Technical University»  
oleinikdang@yandex.ru

**Annotation.** The article assesses the physicochemical properties of oxygenates and light hydrocarbons. The effect of their mixtures on performance characteristics when involved in motor gasolines was studied. A composite mixture is proposed, consisting of methyl tert-butyl ether, isobutyl alcohol and iso-structure paraffins obtained in the process of sulfuric acid alkylation of olefins (alkylate), which makes it possible to equally increase the octane number of narrow low-boiling and high-boiling fractions that are part of the gasoline mixture, those. the value of the detonation resistance distribution coefficient is close to the maximum – 1.

**Keywords:** knock resistance distribution coefficient, oxygenates, light hydrocarbons, motor gasolines.

Современный уровень развития автомобильного парка диктует необходимый ассортимент и качество моторных топлив. Возрастает потребность рынка в автомобильных бензинах с октановым числом 95 и выше [1]. Традиционные методы получения высокооктановых компонентов моторных топлив (риформинг, алкилирование, изомеризация) для увеличения роста объема производства и качества высокооктановых бензинов, требуют для своей реализации значительных инвестиций [2–4]. Поэтому в последние годы в процессе компаундирования автобензинов особое значение приобрели оксигенаты [5], обеспечивающие увеличение детонационной стойкости и полноту сгорания моторных топлив. Вместе с тем важной характеристикой бензинов является коэффициент распределения детонационной стойкости (КРДС) по фракциям. КРДС определяется, как отношение ИОЧ фракций испытуемого образца бензина, выкипающих в пределах температура начала кипения – 100 °С (НК-100 °С) и 100 °С – температура конца кипения (100 °С-КК), полученных разгонкой [6]. Важность этого показателя связана с тем, что во впускной системе происходит фракционирование бензинового топлива, вследствие чего в разные цилиндры двигателя впрыскиваются порции бензиновой фракции, имеющие разные температуры кипения. Идеальным КРДС считается значение близкое к 1. Однако большинство из используемых в настоящее время оксигенатов и присадок на их основе имеют узкий



интервал температур кипения и неравномерно распределены по фракциям топлива ( $KPDC \ll 1$ ), что приводит к поступлению в двигатель фракций с различным октановым числом и, как следствие, к нестабильности его работы.

Поэтому, чтобы обеспечить рынок топливом с высокими эксплуатационными и экологическими свойствами, необходимо уделить внимание разработке композиционных смесей, способных за счет компонентов, входящих в их состав равномерно распределяться в узких фракциях, улучшая тем самым эксплуатационные характеристики моторных топлив.

В качестве объектов исследования нами были выбраны промышленно доступные оксигенаты: метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), изобутиловый спирт (ИБС) и смесь насыщенных углеводородов, получаемых в процессе сернокислотного алкилирования олефинов (алкилат).

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) широко используется в качестве антидетонационной присадки как самостоятельно, так и в смеси с другими октаноповышающими веществами, обладающий высокой детонационной стойкостью, октановое число смешения которого может достигать до 135 ед. в зависимости от углеводородов, входящих в бензин. Однако более низкая, чем у углеводородов, теплота сгорания (38220 кДж/кг) является недостатком МТБЭ [7]. Многоотнажным продуктом отечественной промышленности, применяющимся в качестве октаноповышающей добавки, являются бутиловые спирты. Согласно ТР ТС 013/2011 изо-бутанол может вовлекаться в автомобильные бензины до 10 об. % [8]. Вместе с тем, установлено [9], что использование индивидуальных оксигенатов в приготовлении автобензинов приводит к неравномерности распределения детонационной стойкости по фракциям и к снижению общей теплоты сгорания топлива, что ведет к увеличению расхода топлива. Одним из высокооктановых компонентов автобензинов является алкилат – смесь насыщенных углеводородов, получаемых в процессе сернокислотного алкилирования олефинов. Алкилат – идеальный компонент бензина, поскольку имеет высокие октановые числа по исследовательскому (не ниже 95,0) и моторному (не ниже 92,0) методам, не содержит ароматических соединений, олефинов и серы, имеет широкий фракционный состав [10], однако значения ОЧ алкилата ниже по сравнению с оксигенатами. В связи с этим для решения проблемы производства автобензинов, отвечающих мировым стандартам, в том числе по КРДС, предложена композиционная смесь, обеспечивающая равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям (КРДС стремится к 1).

С помощью программного пакета Aspen PIMS program (Process Industry Modeling System)<sup>3</sup> был смоделирован состав автомобильных бензинов марок АИ-95-К5 и АИ-98-К5 с вовлечением композиционной смеси. Для установления оптимального состава композиционной смеси варьировалось соотношение компонентов: Алкилат, МТБЭ, ИБС. Оценочным показателем к оптимизации служил – КРДС по фракциям, полученный в лабораторных условиях для образцов бензина с вовлечением композиционной смеси. Для этого полученные образцы в лабораторных условиях были разделены на узкие фракции НК–100 °С и 100 °С–КК (ГОСТ 26370) с последующим определением для каждой из них октанового числа исследовательским методом (ГОСТ 8226). На основе полученных данных, был рассчитан КРДС. Согласно рассчитанным данным, установлен оптимальный и эффективный состав композиционной смеси, позволяющий в равной мере увеличить октановое число узких низкокипящих и высококипящих фракций, входящих в состав бензиновой смеси, т.е. значение коэффициента распределения детонационной стойкости, близко к максимуму – 1.

### Литература:

1. Сафина, Т.А. Анализ предпочтений потребителей на рынке автомобильного бензина // Статистика и математические методы в экономике. – 2014. – № 4. – С. 174–178.
2. Ершов М.А., Емельянов В.Е. Производство перспективных автомобильных и авиационных бензинов в России // Национальный нефтегазовый форум. – М., 2014. – С. 19.
3. Сафина Т.А. Анализ предпочтений потребителей на рынке автомобильного бензина // Статистика и математические методы в экономике. – 2014. – № 4. – С. 174–178.
4. Бабкин К.Д., Макаров А.Д., Облащикова И.Р. О рациональном использовании октаноповышающих добавок в условиях ужесточения экологических требований к автомобильным бензинам // Труды Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – № 4 (285). – С. 104–113.
5. Царев А.В., Карпов С.А. Повышение экологических и эксплуатационных характеристик автомобильных бензинов введением оксигенатов // Химическая технология (Орган Научного совета РАН по научным основам химической технологии). – 2007. – № 7. – С. 324–328.

<sup>3</sup> Aspen PIMS program (Process Industry Modeling System). Available at: <https://www.aspentech.com/en/resources/brochure/aspen-pims-family> (accessed 24 April 2019).

PIMS – экономико-технологическая система моделирования нефтепереработки – инструмент построения методом линейного программирования (ЛП) моделей планирования процессов нефтепереработки для создания оптимальных планов, включая оценку альтернатив сырой нефти, промежуточного сырья, сырья, получаемого за пределами рассматриваемой установки, технологий, продуктов и рынков / PIMS – Linear programming (LP) tool for constructing planning models for refining processes to create optimal plans, including evaluating alternatives to crude oil, intermediate raw materials, raw materials obtained beyond the boundaries of the installation, technologies, products and markets



6. ГОСТ 26370-84. Бензины автомобильные. Метод оценки распределения детонационной стойкости по фракциям: гос. стандарт союза ССР; введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19.12.1984 г. № 4651.

7. Метилтретбутиловый эфир [Электронный ресурс]. – URL : <https://e-him.ru/?page=dynamic&section=33&article=233> (25.03.2022).

8. Решение Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

9. Капустин В.М. Технология производства автомобильных бензинов. – М. : Химия, 2015. – 256 с.

10. Алкилат – идеальный компонент современных автомобильных бензинов / О.И. Дмитриченко [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2010. – № 7. – С. 18–19.

### References:

1. Safina T.A. Analysis of consumer preferences in the automotive gasoline market // Statistics and Mathematical Methods in Economics. – 2014. – № 4. – P. 174–178.

2. Ershov M.A., Emelyanov V.E. Production of promising automotive and aviation gasolines in Russia // National Oil and Gas Forum. – М., 2014. – P. 19.

3. Safina, T.A. Analysis of consumer preferences in the automotive gasoline market // Statistics and Mathematical Methods in Economics. – 2014. – № 4. – P. 174–178.

4. Babkin K.D., Makarov A.D., Olashchikova I.R. On the natural collection of octane-boosting substances in the context of tightening environmentally friendly to motor gasoline // Proceedings of the Russian State Oil Fund and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin. – 2016. – № 4 (285). – P. 104–113.

5. Tsarev A.V., Karpov S.A. Improving the environmental and operational characteristics of automobile gasolines by the introduction of oxygenates // Chemical technology (organ of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the basics of chemical technology) . – 2007. – № 7. – P. 324–328.

6. GOST 26370-84. Automobile gasolines. Method for assessing the distribution of detonation resistance by fractions: gos. standard SSR standard; Entry into force of the resolution of the State Committee of the USSR on the increase of 19.12.1984. № 4651.

7. Methyl tert-butyl ether [Electronic resource] . – URL : <https://e-him.ru/?page=dynamic&section=33&article=233> (03/25/2022).

8. Decision of the Commission of the Customs Union dated October 18, 2011 № 826 «On possible technical regulations of the Customs Union «On requirements for motor and aviation gasoline, diesel and marine fuel, jet fuel and fuel oil».

9. Kapustin V.M. Technology for the production of automobile gasolines. – М. : Chemistry, 2015. – 256 p.

10. Alkylate is an original component of modern motor gasolines / O.I. Dmitrichenko [et al.] // Oil refining and petrochemistry. – 2010. – № 7. – P. 18–19.