

LASER TECHNOLOGIES APPLICATION for the UPGRADING of KBA-3 ITEM DURABILITY

G. Rozorinov, V. Haskin, S. Lazarenko

Reasons of the tank gun tube durability decrease were analyzed. The application reasonability of the laser heat treatment and laser steel alloying for the updating of the durability of the tank gun tubes was shown.

Список использованных источников

1. *Девойно О.Г.* Технология формирования износостойких поверхностей лазерным легированием / О.Г. Девойно. – Мн.: УП "Технопринт", 2001. – 178 с.
2. *Орлов Б.В.* Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий / Б.В. Орлов, Э.К. Ларман, В.Г. Маликов. – М.: Машиностроение, 1976. – 432 с.
3. *Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.]; под общ. ред. В.Г. Сорокина.* – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. *Хаскин В.Ю.* Лазерное термоупрочнение комплексно легированных сталей / В.Ю. Хаскин, А.В. Бернацкий, А.В. Сиора // Процессы литья. – 2003. – № 3. – С. 93 - 95.
5. *Упрочнение деталей лучом лазера // В.С. Коваленко [и др.]; под общ. ред. В.С. Коваленко.* – К.: Техника, 1981. – 131 с.
6. *Горелик С.С.* Рентгенографический и электроннографический анализ металлов / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. – М.: Металлургиздат, 1963. – 256 с.
7. *Шелягин В.Д.* Разработка технологических приемов лазерного упрочнения поверхностных слоев деталей из стали 38ХНЗМФА / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, А.В. Бернацкий, А.В. Сиора // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 2 (19). – С. 94 – 97.

Надійшла до редакції 17.09.2013 р.

УДК 533.17

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КАНАЛА ПО ДЛИНЕ ПЕРЕХОДНОГО И ОСНОВНОГО УЧАСТКОВ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ

В.И. Сиваков¹, И.В. Сиваков², Ю.В. Браславский¹, к.т.н.

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

²АО «СК Авлита», г. Севастополь

Показано, что при движении газового потока по каналу с твердыми стенками отсутствует подобие поля скоростей в поперечных сечениях канала. Доказано, что определяющим параметром в изменении поля скоростей по длине канала является показатель степени координаты пристенного слоя газа. Определены границы использования зависимостей между показателями степеней в степенных формулах. Определена координата газового слоя, движущегося со средней скоростью по сечению канала.

Введение

Знание профиля скоростей в цилиндрическом канале имеет первостепенное значение для решения инженерных задач, таких как определение потерь давления на трение, в области тепло-массообмена, измерение расхода газа, в области пневмотранспор-

та и т.д. На данный момент существуют многочисленные исследования в этой области, но они носят локальный характер, то есть исследуются отдельные участки газового потока, а не газовый поток всего канала значительной протяженности в целом.

Эти исследования базируются на том, что поле скоростей в газовом потоке канала с твердыми стенками проходит все те же самые стадии деформации, что и в свободной турбулентной струе [1, 2, 3], но это не так. Представленная статья является продолжением предыдущих разработок [4, 5, 6, 7], и ее основой является физическая модель возникновения и развития звуковой поверхности в цилиндрическом канале. Основой данной физической модели является однозначная аналитическая зависимость между полем скоростей и критическими параметрами газа в канале. Благодаря этой зависимости была получена возможность всесторонне исследовать поле скоростей в газовом потоке цилиндрического канала значительной протяженности.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью данной работы является определение изменения поля скоростей в поперечном сечении цилиндрического канала по длине переходного и основного участков газового потока. Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи:

- определить изменение профиля относительных скоростей в поперечном сечении газового потока по длине переходного участка;
- определить изменение профиля относительных скоростей в поперечном сечении газового потока по длине основного участка;
- определить границы использования функциональных связей между показателями степени в степенных формулах;
- определить координаты слоя газа, движущегося со средней скоростью по сечению канала на основном участке.

Исходные данные для решения поставленных задач

В работе [5] было показано, что распределение скоростей по радиусу цилиндрического канала подчиняется зависимости, которая выражается следующей формулой:

$$\frac{j_{mi}}{j_{m1}} = \bar{y}_i^{a_i}, \quad (1)$$

где $j_{mi} \cdot j_{m1}$ – политропные коэффициенты i -го и первого слоев газового потока;

$\bar{y}_i = y_i/R$ – относительная координата i -го слоя, R – радиус канала;

a_i – показатель степени координаты i -го слоя.

Показатель a_i является переменной величиной как по радиусу канала, так и по длине переходного и основного участков газового потока в цилиндрическом канале.

В работе [5] было получено, что показатель степени a_i по радиусу канала меняется по следующим зависимостям:

$$a_{i(0,5)} = a_k(1 - 0,19\bar{y}) \text{ и } a_{i(1)} = a_1 + 2(0,905 \cdot a_k - a_1)(1 - \bar{y}), \quad (2)$$

где a_k, a_1 – показатели степени координат пристенного и первого слоев газового потока.

Тогда формула распределения поля скоростей (коэффициентов скоростей) по радиусу канала будет состоять из двух частей:

– первая часть

$$\frac{u_i}{u_{\max}} = \frac{j_{mi}}{j_{m1}} = \bar{y}^{-ai(0,5)}, \quad 0,5 \geq \bar{y} \geq 0,005;$$

– вторая часть

$$\frac{u_i}{u_{\max}} = \frac{j_{mi}}{j_{m1}} = \bar{y}^{-ai(1)}, \quad 1,0 \geq \bar{y} \geq 0,5. \quad (3)$$

Зависимости (3) подтверждены экспериментально с высокой точностью. Погрешность не превышает 1 %.

Вышеизложенным показано, как изменяется поле скоростей по радиусу канала. Наша задача определить, как будет меняться поле скоростей (коэффициентов скоростей) по длине переходного и основного участков газового потока.

В работе [5] с помощью газодинамических параметров были определены границы начального, переходного и основного участков в газовом потоке цилиндрического канала значительной протяженности.

Рассмотрим границы переходного и основного участков для газа с показателем изоэнтропы $k = 1,4$. Переходный участок начинается с критического отношения давлений в пристенном слое $e_k^* = 0,28$ и политропного коэффициента скорости пристенного слоя $j_{mk} = 0,709$, а также при качестве канала

$$y_{cp} = \frac{j_{mcp}}{j_{m1}} = 0,941, \quad (4)$$

где j_{mcp} – политропный коэффициент скорости среднего слоя газового потока при $e_k^* = 0,28$.

Заканчивается переходный участок газового потока следующими параметрами: $e_k^* = 0,1$; $j_{mk} = 0,527$; $y_{cp} = 0,899$.

Видим, что на переходном участке произошли значительные изменения параметров газового потока. Критическое отношение давлений уменьшилось с $e_k^* = 0,28$ до $e_k^* = 0,1$, j_{mk} – с 0,709 до 0,527 и качество канала y_{cp} – с 0,941 до 0,899. А что же произошло с полем скоростей по радиусу канала на переходном участке?

В формулах (2) неопределенными остались показатели степени координат пристенного слоя a_k и первого слоя a_1 . Эти параметры характеризуют изменение поля скоростей по длине канала и определяются критическим отношением давлений пристенного слоя $e_k^*(j_{mk})$. В работе [4] показано, что показатели степени координат пристенного и первого слоев определяются следующим образом:

$$a_k = \frac{\ln(j_{mk}/j_{m1})}{\ln y_k} \quad \text{и} \quad a_1 = \frac{\ln j_{m1}}{\ln y_k}.$$

Определение изменения профиля относительных скоростей в поперечном сечении газового потока по длине переходного участка

Чтобы ответить на вопрос, что происходит с полем скоростей газового потока по мере его движения по переходному участку, построим графики поля скоростей для трех режимов течения газа (в трех поперечных сечениях) на переходном участке по формулам (3). Первый режим (первое сечение): $e_k^* = 0,28$, $j_{mk} = 0,709$, $a_k = 0,0649$, $a_1 = 0$, $y_{cp} = 0,941$; второй режим (второе сечение): $e_k^* = 0,21$, $j_{mk} = 0,64$, $a_k = 0,0658$, $a_1 = 0,0182$, $y_{cp} = 0,93$, третий режим (третье сечение): $e_k^* = 0,1$, $j_{mk} = 0,527$, $a_k = 0,0871$, $a_1 = 0,0338$, $y_{cp} = 0,899$. Нанесем эти данные на графики, представленные на рис.

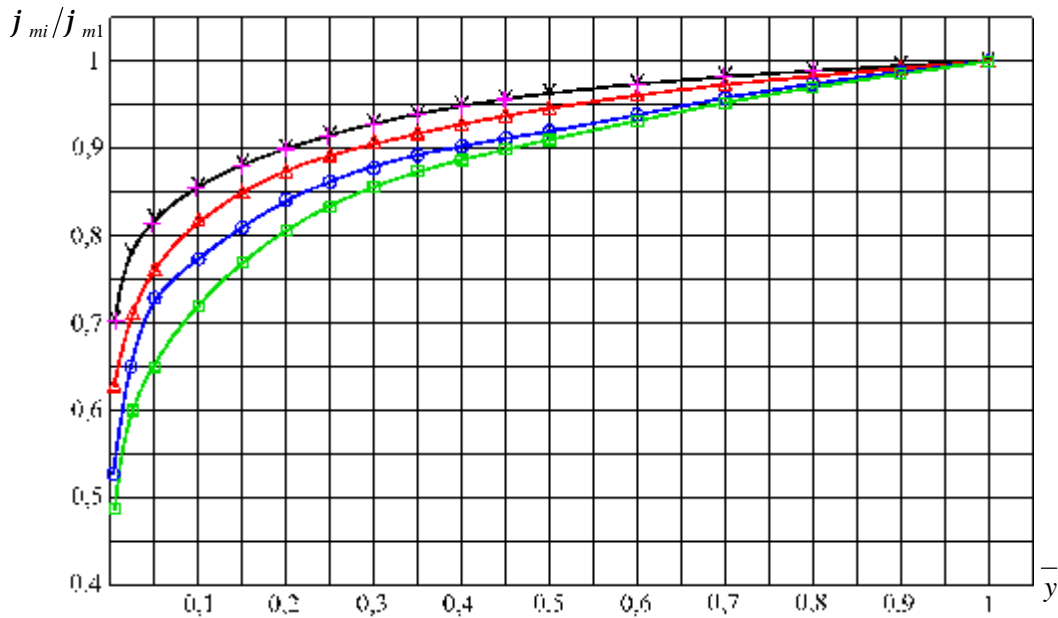


Рис. Распределение относительных скоростей по радиусу цилиндрического канала при:

∇ – $e_k^* = 0,28, y_{cp} = 0,941$; + – $e_k^* = 0,21, y_{cp} = 0,93$; △ – $e_k^* = 0,1, y_{cp} = 0,899$;

○ – $e_k^* = 0,05, y_{cp} = 0,865$; □ – $e_k^* = 0,02, y_{cp} = 0,826$

Из рисунка видно, что в начале переходного участка при $e_k^* = 0,28$ и до $e_k^* = 0,21$ значения относительных скоростей в сходственных точках радиуса канала равны между собой. Что касается других режимов течения газа по переходному участку, то, начиная с режима $e_k^* = 0,21$, и до конца переходного участка значения относительных скоростей в сходственных точках не равны между собой. На первый взгляд, все это объяснимо. В первом случае показатели степени координат пристенных слоев $a_k^{0,28}$ и $a_k^{0,21}$ практически одинаковы: $a_k^{0,28} = 0,0649$, $a_k^{0,21} = 0,0658$. Поэтому $y^{-ak(1-0,19y)}$ будут одинаковы, а следовательно, и относительные скорости в сходственных точках радиуса будут равны.

В другом случае на выходе из переходного участка, когда $e_k^* = 0,1$, показатель степени координаты пристенного слоя $a_k^{0,1} = 0,0871$, который значительно отличается от показателей $a_k^{0,28}$ и $a_k^{0,21}$. Естественно, и поле относительных скоростей $e_k^* = 0,1$ будет отличаться от поля относительных скоростей $e_k^* = 0,28...0,21$, что мы и видим на графике.

Определение изменения профиля относительных скоростей в поперечном сечении газового потока по длине основного участка

Рассмотрим изменения поля относительных скоростей на основном участке газового потока цилиндрического канала в трех поперечных сечениях.

Основной участок начинается с критического давления пристенного слоя $e_k^* = 0,1$, $y_{cp} = 0,899$ (первое сечение). Этот режим течения уже нанесен на рисунке. Выберем еще два режима течения на основном участке газового потока и построим их графики по формулам (3). Исходные данные для этих режимов: четвертый режим $e_k^* = 0,05$, $j_{mk} = 0,462$, $a_k = 0,112$, $a_1 = 0,0338$, $y_{cp} = 0,865$ (второе сечение); пятый режим: $e_k^* = 0,02$, $j_{mk} = 0,405$, $a_k = 0,1373$, $a_1 = 0,0338$, $y_{cp} = 0,826$ (третье сечение).

После нанесения расчетных данных на графики (см. рис.) видим, что на основном участке газового потока нет стабилизированного поля относительных скоростей, как того требует классическая теория свободной турбулентной затопленной струи [1, 2]. Газовый поток, движущийся в канале с твердыми стенками, имеет индивидуальное поле скоростей, отличное от любого другого поля скоростей. Каждый режим течения газа по каналу с твердыми стенками имеет индивидуальное критическое отношение давлений и критический коэффициент расхода, которые соответствуют данному полю скоростей.

Значения основных параметров газового потока цилиндрического канала на основном участке приведены в таблице. Эти параметры получены расчетным путем по формулам, которые были разработаны нами и подтверждены экспериментально в предыдущих работах [4...7].

Т а б л и ц а

Параметры газа на основном участке газового потока в канале, ограниченного твердыми стенками

e_k^*	0,1	0,075	0,05	0,04	0,03	0,02
m_k^*	0,806	0,776	0,736	0,715	0,689	0,653
y_{cp}	0,899	0,885	0,865	0,855	0,843	0,826
a_k	0,0871	0,0981	0,112	0,1185	0,1268	0,1373
$\sqrt{I_k}$	0,0832	0,0962	0,115	0,126	0,139	0,156
\bar{y}_{cp}	0,275	0,265	0,255	0,25	0,248	0,235

Таким образом, изменение поля скоростей в поперечном сечении газового потока по длине переходного и основного участков канала определяется показателем степени координаты пристенного слоя a_k .

Определение границы использования функциональных связей между показателями степени m и n в степенных формулах

Вернемся к степенной формуле распределения скоростей по радиусу канала. В работе [3] автор предлагает формулу для поля скоростей в виде $u/u_{\max} = (y/r)^n$, где $n = 0,9\sqrt{I}$, а немецкий ученый В. Нуннер после обработки свои данных и опытов Никурадзе и Экке установил, что $n \approx \sqrt{I}$.

Если рассмотреть таблицу, то окажется, что оба автора правы. Начиная с режима $e_k^* = 0,1$, и до режима $e_k^* = 0,04$ $\sqrt{I_k} = a_k = n$. Здесь опыты были проведены со сжимаемой жидкостью (газом), а начиная с режима $e_k^* = 0,04 \dots 0,02$, где опыты проводились с несжимаемой жидкостью, $a_k = n = 0,9\sqrt{I_k}$.

Более того, Прандтль и Никурадзе, проводя исследования, установили, что при движении несжимаемой жидкости в трубах и обтекании плоской пластины поле скоростей подчиняется степенному закону при $m = 1/7 = 0,143$. Из таблицы видно, что при $e_k^* \approx 0,02$ $a_k = n \approx 0,14$ и отношение средней скорости по сечению канала к скорости на оси потока $u/u_{\max} = j_{\text{ср}}/j_{\text{мл}} = y_{\text{ср}} = 0,826$. В работе [1] показано, что при $n = 1/7$ $u/u_{\max} = 0,817 = y_{\text{ср}}$.

Уточним границы использования известных степенных формул для определения коэффициента трения I и поля скоростей u/u_{\max} :

$$I = \frac{A}{\text{Re}^m} \quad \text{и} \quad \frac{u}{u_{\max}} = \left(\frac{y}{r}\right)^n, \quad (5)$$

где Re – число Рейнольдса.

Между показателями степени m и n существует аналитическая связь [3]:

$$n = \frac{m}{2-m}; \quad m = 1,56\sqrt{I}. \quad (6)$$

Для определения качества цилиндрического канала существует зависимость

$$\frac{v}{u_{\max}} = \frac{2}{(n+1)(n+2)}, \quad (7)$$

где v – средняя скорость по сечению канала.

Прежде всего, определим границы применения формул (6) и (7). Используя данные таблицы, проверим взаимосвязь n и m по формулам (6). Для этого рассмотрим несколько примеров.

$$1. \quad e_k^* = 0,02, \quad \sqrt{I_k} = 0,156, \quad a_k = 0,1373;$$

$$m = 1,56\sqrt{I_k} = 0,2434; \quad n = \frac{m}{2-m} = 0,1385.$$

Видим, что $a_k \approx n$.

$$2. e_k^* = 0,03, \sqrt{I_k} = 0,139, a_k = 0,1268;$$

$$m = 1,56 \cdot 0,139 = 0,21684; n = 0,1216; \frac{a_k}{n} = 1,043.$$

$$\text{При } e_k^* = 0,05, \frac{a_k}{n} = 1,137, \text{ при } e_k^* = 0,1 \frac{a_k}{n} = 1,255.$$

Из этого следует, что взаимосвязь между n и m работает удовлетворительно только для несжимаемой жидкости при $e_k^* \leq 0,03$.

Формула (7) на переходном и основном участках газового потока работает с погрешностью не более 3 %, если вместо n подставлять значения a_k .

В практических целях иногда возникает необходимость определить координату слоя газа, движущегося со средней скоростью в поперечном сечении канала. В работе [3] координата среднего слоя газа определена как постоянная величина $\bar{y}_{cp} = 0,223$, хотя многие экспериментальные данные, приведенные в этой работе, показывают, что эта величина – переменная. Так, для трубы диаметром 26 мм $\bar{y}_{cp} = 0,215$, а для труб диаметром 205, 109,8 и 350 мм $\bar{y}_{cp} = 0,255$.

Если рассматривать формулу распределения относительных скоростей по радиусу канала $j_{mi}/j_{m1} = \bar{y}^{-ak(1-0,19y)}$, то на какой-то относительной координате $\bar{y} = \bar{y}_{cp}$ и лежит относительная средняя скорость j_{mcp}/j_{m1} . Запишем формулу относительной средней скорости:

$$\frac{j_{mcp}}{j_{m1}} = \bar{y}_{cp}^{-ak(1-0,19\bar{y}_{cp})}. \quad (8)$$

Если известно отношение $\frac{j_{mcp}}{j_{m1}} = \bar{y}_{cp}$, то методом последовательных приближений можно найти \bar{y}_{cp} . Чтобы ускорить процесс поиска \bar{y}_{cp} , можно представить функцию $\bar{y}_{cp}^{-ak(1-0,19\bar{y}_{cp})} = (1,05 \cdot \bar{y}_{cp})^{ak}$. Отсюда

$$\bar{y}_{cp} = 0,952 \cdot \left(\frac{j_{mcp}}{j_{m1}} \right)^{1/ak}. \quad (9)$$

Для уточнения значение \bar{y}_{cp} из формулы (9) подставляют в формулу (8). Именно таким образом были определены несколько значений \bar{y}_{cp} для режимов течения газа на основном участке канала, которые были занесены в таблицу.

Таким образом, на основном участке газового потока в канале с твердыми стенками нет подобия поля скоростей, то есть каждый профиль индивидуален. При этом существует аналитическая зависимость между индивидуальными профилями скоростей, которая выражается следующей формулой:

$$\left(\frac{j_{mi}}{j_{m1}} \right)_i = \left(\frac{j_{mi}}{j_{m1}} \right)_u \cdot \bar{y}^{-(aki-aku)}, \quad (10)$$

где $\left(\frac{j_{mi}}{j_{m1}} \right)_i$ – профиль скорости, который необходимо определить;

$\left(\frac{j_{mi}}{j_{m1}} \right)_u$ – известный профиль скорости.

Выводы

1. При движении газового потока в канале с твердыми стенками отсутствует подобие поля скоростей в поперечных сечениях канала.
2. Основным параметром, определяющим изменения поля скоростей по длине канала, является показатель степени координаты пристенного слоя газа.
3. Выявлено несоответствие между показателями степени в степенных формулах при определении коэффициента трения и поля скоростей при движении несжимаемой жидкости.
4. Определена координата газового слоя, движущегося со средней скоростью по сечению канала.

ЗМІНА ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ В ПОПЕРЕЧНОМУ ПЕРЕРІЗІ ЦИЛІНДРОВОГО КАНАЛУ ПО ДОВЖИНІ ПЕРЕХІДНОЇ І ОСНОВНОЇ ДІЛЯНОК У ГАЗОВОМУ ПОТОЦІ

В.І. Сиваков, І.В. Сиваков, Ю.В. Браславський

Показано, що при русі газового потоку по каналу з твердими стінками відсутня рівність поля швидкостей в поперечних перерізах каналу. Доведено, що визначальним параметром у зміні поля швидкостей по довжині каналу є показник ступеня координати пристінного шару газу. Визначені межі використання залежностей між показниками ступенів у степеневих формулах. Визначена координата газового шару, що плине із середньою швидкістю по перерізу каналу.

FIELD of VELOCITIES SIMILARITY in CROSS-SECTION of CYLINDRICAL CHANNEL LENGTHWAYS of TRANSITIONAL and BASIC AREAS of GAS FLOW

V. Sivakov, I. Sivakov, Yu. Braslavskiy

The field of velocities in the channel cross-sections is shown to be not similar when gas flow moving in channel with hard walls. Gas wall layer coordinate index is proved to be the governing factor of field of velocities difference lengthways of channel. The application limits of dependences between the indexes in power formulas have been determined. Coordinate of the gas layer moving with average velocity along the section of channel has been specified.

Список использованных источников

1. *Абрамович Г.Н.* Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1991. – 594 с.
2. *Альтшуль А.Д.* Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
3. *Альтшуль А.Д.* Гидравлические потери на трение в трубопроводах / А.Д. Альтшуль. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 256 с.
4. *Сиваков В.И.* Определение расхода газа через канал при дозвуковых, смешанных и звуковых режимах течения газа / В.И. Сиваков, И.В. Сиваков, Ю.В. Браславский // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – Вып. 4 (44). – С. 180 - 187.
5. *Сиваков В.И.* Изменение профиля скоростей в газовом потоке цилиндрического канала значительной протяженности / В.И. Сиваков, И.В. Сиваков, Ю.В. Браславский // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2013. – Вып. 1 (45). – С. 174 - 179.
6. *Сиваков В.И.* Определение критических параметров газового потока / В.И. Сиваков, И.В. Сиваков // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – Вып. 1 (41). – С. 154 - 161.

7. Сиваков В.И. Положение звуковой поверхности в газовом потоке / В.И. Сиваков, И.В. Сиваков // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – Вып. 3 (43). – С. 157 - 162.

Надійшла до редакції 05.09.2013 р.
Після доопрацювання 12.09.2013 р.

УДК 621.43.03-6:006.354

ОЦЕНИВАНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ОКСИГЕНАТОВ В БЕНЗИНАХ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Т.Л Щекатурина¹, д.х.н., проф., Л.В. Гладких²

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

²Лаборатория горючего и смазочных материалов Черноморского флота

В работе представлены результаты исследований кислородосодержащих добавок в автомобильном бензине. Особенностью метода их определения с помощью газового хроматографа являются быстрота и достоверность. Полученные данные испытания автомобильного бензина сравнены с данными нормативного документа.

Введение

Перспективными компонентами топлив для двигателей внутреннего сгорания являются оксигенаты высокооктановые бензиновые компоненты нефтяного происхождения, представляющие собой синтетические кислородосодержащие соединения типа низших (метанол, этанол) и высших (изо- бутанол, втор- бутанол, трет- бутанол) спиртов, простых и сложных эфиров (метил- трет-этиловый эфир, метил- трет- бутиловый эфир- МТБЭ, метил- трет- амиловый эфир и др.) Метилтретбутиловый эфир (МТБЭ) считается наиболее перспективным компонентом. При добавке 10 % МТБЭ октановое число бензинов повышается на 2,1...5,8 ед. по исследовательскому методу [1], при добавлении 20 % на 4,6...12,6 единиц. При этом минимальная температура холодного пуска двигателя снижается на 10...12 °С. Максимально допустимое содержание МТБЭ составляет 15 %. МТБЭ имеет относительно низкую температуру кипения (55 °С) и повышенное давление насыщенных паров, что ограничивает его применение в летний период в связи с требованиями по испаряемости [2].

Исследования являются актуальными, так как при производстве бензинов оксигенаты позволяют сократить расход энергоемких и дорогостоящих высокооктановых компонентов вторичной переработки нефтяных фракций (бензинов каталитического крекинга, каталитического риформинга, алкилата и др.) и тем самым экономить невозобновляемые ресурсы нефти. Введение этих соединений в состав бензинов обеспечивает снижение концентрации токсичных компонентов СО в автомобильных двигателях [3].

К недостаткам бензинов, содержащих кислородосодержащие добавки, относятся повышенная склонность к их расслоению в условиях отрицательных температур и при попадании воды; повышенная агрессивность по отношению к отдельным конструктив-