ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ РЕАГИРУЮШИХ СТРУЙ НА ОСНОВЕ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ И ЧИСЛЕННЫЕ РЕУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДИССИПАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ПАРАМЕТРЫ ФАКЕЛА

Ходжиев С.
Ориентал университет, Ташкент,
E-mail: safar1951@yandex.ru
Пиримов А.
Навоийский государственный горный и технологический университет, Навои,
E-mail: pirimovakram615@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada diffuziya yonishi paytida tomonlari chekli uzunkikda bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchakli soplodan chiqayotgan uch o‘lchovli reaksiyaga kirishuvchi turbulent struyaning oksidlovchi yo‘ldosh (tinch) oqimida tarqalish muammosi shakllantirilgan. Muammoni modellashtirish uchun ko‘p komponentli kimyoviy reaksiyaga kirishuvchi gaz aralashmalari uchun Navier-Stokes tenglamalarining uch o‘lchovli parabolalashgan sistemasi qo‘llanilgan va uni to‘ldirish uchun, turbulent qovushqoqlikni hisoblash uchun turbulentlik kinetik energiyaning va turbulentlik kinetik energiyaing dissipatsiyasii tenlamalari qo‘llanilgan. Chegara shartlari turbulentlik kinetik energiyasi tenglamasi va dissipatsiya turbulentlik kinetik energiyasining tenglamasini hisobga olgan holda shakllantirilgan. Yoqilg‘i oqimi va oksidlovchi uchun turbulentlik kinetik energiyasining va turbulentlik kinetik energiyasining dissipatsiya boshlangich qiymatlari sonli tajribalar natijasida aniqlangan va bu qiymatlarning izotermik oqimlar parametrlariga, shuningdek, diffuziya alangasi parametrlariga ta'siri o‘rganilgan. Tadqiqot o‘zgartirilgan SIMPLE usuli yordamida o‘tkazilgan.

Kalit so‘zlar: Navier-Stokes, oqim, turbulentlik, диссипация, yonish, аланга.

Аннотация. В данной работе сформулирована задача истечения трехмерных турбулентных струй реагирующих газов из прямоугольного сопла с конечным отношением длин сторон и распространяющегося в спутном (затопленном) потоке окислителя при диффузионном горение. Для моделирования задачи использовано трехмерная параболизованная система уравнений Навье-Стокса для многокомпонентных химически реагирующих газовых смесей, привлечением уравнения кинетической и диссипации кинетической энергии турбулентности для вычисления турбулентной вязкости. Сформулированы краевые условия с учетом уравнение кинетической энергии турбулентности и уравнение диссипации

ISSN 3030-3907

кинетической энергии турбулентности. Численно определены исходные значения кинетической энергии турбулентности и диссипации кинетической энергии турбулентности горючей струи и окислителя, и исследованы влияния этих значения на параметры изотермических струй, а также на параметры диффузионного факела. Исследования проведены модифицированным метом SIMPLE.

Ключевые слова: Навье - Стокс, струя, турбулентность, диссипация, горение.

Abstract. This paper formulates the problem of the outflow of three-dimensional turbulent jets of reacting gases from a rectangular nozzle with a finite aspect ratio and propagating in a co-current (submerged) oxidizer flow during diffusion combustion. A three-dimensional parabolic system of Navier-Stokes equations for multicomponent chemically reacting gas mixtures is used to model the problem, incorporating the equation of kinetic and dissipation of kinetic energy of turbulence to calculate turbulent viscosity. Boundary conditions are formulated taking into account the equation of kinetic energy of turbulence and the equation of dissipation of kinetic energy of turbulence. The initial values of the kinetic energy of turbulence and the dissipation of kinetic energy of turbulence for the fuel jet and oxidizer are numerically determined, and the effects of these values on the parameters of isothermal jets, as well as on the parameters of the diffusion flame, are investigated. The study was conducted using a modified SIMPLE method.

Key words: Navier-Stokes, jet, turbulence, dissipation, combustion.

ВВЕДЕНИЕ.

В последние годы появилось большое количество работ, в которых делаются попытки описать механизм турбулентного течения химически реагирующего газа с использованием двух-и многопараметрических моделей турбулентности. Существующих методов, основанных на использовании многопараметрических моделей турбулентности, отличающихся друг от друга количеством привлекаемых уравнений переноса и численным составом неизвестных, выражающих характеристики турбулентных движений, в настоящее время велико.

Наиболее обоснованным подходом при моделировании механизма турбулентного переноса отдается предпочтение ее описанию через уравнения переноса кинетической энергии. В имеющихся работах, в основном, делается ставка на метод, основанный на совместном решении уравнений переноса импульса, кинетической энергии и ее скорости диссипации, так называемый метод $k-\varepsilon$. В $k-\varepsilon$ модели выводятся уравнения кинетической энергии турбулентности k и ее скорости диссипации кинетической энергии турбулентности ε [1,2].

ISSN 3030-3907

В многочисленных отечественных и зарубежных публикациях на основе $k-\varepsilon$ модели турбулентности изучены, в основном, двумерные турбулентные течения и некоторые работы посвящены численным исследованиям пространственных турбулентных течений для несжимаемой или для сжимаемой изотермической струи [4].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Численно исследовать влияния исходного значения диссипации кинетической энергии трехмерной реагирующие струи, истекающей из сопла прямоугольной формы на параметры диффузионного факела основе двухпараметрической модели турбулентности $k-\varepsilon$.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ. Вышеизложенная задача описывается с помощью уравнений неразрывности, количества движения (по оси ox, oy, oz), энергии, преобразованного уравнения концентрации для случая диффузионного горения), состояния , связи полной энтальпии H и T и выражений для вычисления отдельных компонентов концентрации, а также для замыкания трехмерные параболизованные системы уравнений подключением уравнения кинетической и диссипации кинетической энергии турбулентности для вычисления турбулентной вязкости, имеющей следующий вид [3,5]:

Уравнение кинетической энергии турбулентности:

$$\rho u\frac{\partial k}{\partial x}+\rho v\frac{\partial k}{L\partial y}+\rho w\frac{\partial k}{\partial z}=\frac{1}{L^2}\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu_T\partial k}{\sigma_k\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu_T\partial k}{\sigma_k\partial z}\right)+G-\rho\varepsilon. \qquad (1)$$

Уравнение диссипации кинетической энергии турбулентности:

$$\rho u\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}+\rho v\frac{\partial \varepsilon}{L\partial y}+\rho w\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}=\frac{1}{L^2}\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu_T\partial \varepsilon}{\sigma_\varepsilon\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu_T\partial \varepsilon}{\sigma_\varepsilon\partial z}\right)+(C_1G-C_2\rho\varepsilon)\frac{\varepsilon}{k}, \qquad (2)$$

где $G=\mu_T\left[\left(\frac{\partial u}{L\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2\right]$,

а связь μ_T через k и ε задаётся по формуле

$$\mu_T=\frac{C_\mu\rho k^2}{\varepsilon}. \qquad (3)$$

Уравнениях (1-3) все обозначения общепринятые [1,2], а L отношение сторон прямоугольного сопла. При постановке задачи полагаем, что начало декартовой системы координат расположен в центре начального сечения горючей смеси (вторая область), ось OX направлена вдоль оси струи, а оси OY и -OZ- параллельно сторонам сопла.

При постановке краевых условии используем свойства центральной симметрии относительно оси OX течения так, чтобы оно позволило рассматривать одну четверть струи. Из этих соображения ставится следующие безразмерные краевые условия:

I. $x=0$:

1) $0\le y\le 1,\ \ 0\le z\le 1;$

ISSN 3030-3907

$$u = 1,\ v = 0,\ w = 0,\ H = H_2,\ P = P_2,\ \tilde{\tilde{C}} = 1,\ k = \bar{k}_2,\ \varepsilon = \bar{\varepsilon}_2. \qquad (4)$$

$$2)\ 1 < y < y_{+\infty}, \qquad 1 < z < z_{+\infty};$$

$$u = u_1,\ v = 0,\ w = 0,\ H = H_1,\ P = P_1,\ \tilde{\tilde{C}} = 0,\ k = \bar{k}_1,\ \varepsilon = \bar{\varepsilon}_1.$$

II. $x > 0$:

$$1)\ z = 0, 0 < y < y_{+\infty};$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0,\ \frac{\partial v}{\partial z} = 0,\ w = 0,\ \frac{\partial H}{\partial z} = 0,\ \frac{\partial \tilde{\tilde{C}}}{\partial z} = 0,\ \frac{\partial k}{\partial z} = 0,\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = 0.$$

$$2) y = 0,\ 0 < z < z_{+\infty}; \qquad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = 0,\ v = 0,\ \frac{\partial w}{\partial y} = 0,\ \frac{\partial H}{\partial y} = 0,\ \frac{\partial \tilde{\tilde{C}}}{\partial y} = 0,\ \frac{\partial k}{\partial y} = 0,\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = 0,$$

$$3)\ z \to z_{+\infty},\ \ y \to y_{+\infty}$$

$$u = u_1,\ \ v = 0,\ \ w = 0,\ \ H = H_1,\ \ P = P_1,\ \ \tilde{\tilde{C}} = 0,\ k = \bar{k}_1,\ \ \varepsilon = \bar{\varepsilon}_1.$$

$$4)\ z = 0, y = 0;$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial z} = 0,\ \frac{\partial \tilde{\tilde{C}}}{\partial y} = \frac{\partial \tilde{\tilde{C}}}{\partial z} = 0,\ \ w = v = 0.$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} = \frac{\partial H}{\partial z} = 0; \qquad \frac{\partial k}{\partial y} = \frac{\partial k}{\partial z} = 0; \qquad \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = 0;$$

здесь $\bar{k}_1, \bar{k}_2$, и $\bar{\varepsilon}_1, \bar{\varepsilon}_2$ –исходные значения кинетической и диссипации кинетической энергии турбулентности струи и окислителя.

МЕТОД РЕШЕНИЯ. Для численного решения трехмерные параболизованные системы уравнений Навье-Стокса для многокомпонентного реагирующего газа, истекающего из сопла прямоугольной формы и распространяющегося в спутном (затопленном) потоке воздуха использовано пространственная двухслойная десяти точечная неявная конечно-разностная схема [3] с применением модификации метода SIMPLE (Semi-Implicit method for Pressure- Linked Equations) [3,5,6]. Модификация состоит в том, что в отличие от стандартного метода SIMPLE в данном случае поправки осуществляется по трем скоростям.

Здесь необходимо отметить, что для трехмерных турбулентных струй реагирующих газов существующих источниках не описаны методы численного решения выше описанной системы уравнений совместно с уравнениями "$k - \varepsilon$" модели турбулентности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В большинстве существующих работ приводятся профили распределения кинетической энергии турбулентности, а скорость диссипации кинетической энергии не имеет прямых экспериментальных аналогов [7]. Поэтому для задания распределения характеристик турбулентности на срезе сопла пользуются различных соотношениями, но эти исходные значения должны обеспечить

ISSN 3030-3907

выражения турбулентной вязкости (3), соответствующие действительной картине течения.

Исследования, выполненные различными авторами [7,8], свидетельствуют о существенном характере влияния начального уровня турбулентности на параметры струй и форму факела.

Очень мало работ посвящено трехмерным изотермическим турбулентным струям и практически отсутствуют исследования трехмерных турбулентных струй реагирующих газов, т.е. трехмерных факелов на основе двухпараметрической модели турбулентности. В некоторых работах [9,10] дается объяснение относительно влияния исходных значений кинетической энергии турбулентности на параметры струи, а относительно диссипации энергии турбулентности ничего не сказано, что сильно затрудняет формулирование краевых условий относительно диссипации энергии турбулентности при численном исследовании трехмерных турбулентных струй реагирующих газовых смесей. При постановке граничных условий требуется определить начальные данные k и ε на срезе сопля. Из-за трудоемкости получение распределения характеристик турбулентности на срезе сопла работ по определению кинетической энергии турбулентности очень мало, а скорость диссипации кинетической энергии турбулентности не имеет прямых экспериментальных аналогов. Поэтому для определения распределений характеристик турбулентности на срезе сопла пользуются различными соотношениями.

В данной работе приводятся некоторые результаты численного исследования трехмерного турбулентного диффузионного горения пропана-бутановой смеси, истекающей из сопла прямоугольной формы и распространяющейся в покоящейся среде воздуха на основе двухпараметрической модели турбулентности, в частности, изучение влияния исходного значения диссипации энергии турбулентности и кинетической энергии турбулентности на параметры факела.

В этих целях рассмотрена задача численного исследования трехмерного турбулентного диффузионного горения пропана-бутановой смеси, истекающей из сопла квадратной формы и распространяющейся в покоящуюся среду воздуха.

I. Данные окислителя; II. Данные смеси горючего;

$$u_1 = 0; \qquad u_2 = 61 \text{ м/с};$$
$$T_1 = 300K; \qquad T_2 = 1200K;$$
$$(c_1)_1 = 0.232; \quad (c_2)_1 = 0; \quad (c_1)_2 = 0; \quad (c_2)_2 = 0.12;$$
$$(c_3)_1 = 0; \quad (c_4)_1 = 0.768; \quad (c_3)_2 = 0; \quad (c_4)_2 = 0.88;$$

ISSN 3030-3907

$\bar{k}_1 = \beta_1;$ $\bar{k}_2 = \beta_2 \bar{u}_2^2;\ \varepsilon_2 = \gamma_2 \bar{k}_2^{3/2};$

$\bar{\varepsilon}_1 = \gamma_1;$

$Pr = 0.7;$ $Sc = 0.7;$ $P_1 = P_2 = 1\text{атм} = const,$

где $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1$ и β_2 – некоторые безразмерные константы, которые задаются исходного значения диссипации энергии турбулентности и кинетической энергии турбулентности.

Для проверки достоверности задание начальных значения диссипации энергии турбулентности и кинетической энергии турбулентности разработанного алгоритма метода решения [3] в качестве тестового варианта, исследовалось истечения неизотермической турбулентной струи, истекающей из сопла квадратной формы (L=1) и распространяющейся в затопленном пространстве воздуха, которые исходные значения и размеры сопла заимствованы из работы[11]. После многочисленных пробных расчетов получены хорошие совпадающие результаты экспериментальными данными авторов Палатника и Темирбаева [11] при безразмерные диссипации энергии турбулентности ε =0,005. В расчетах безразмерные исходные значения кинетической энергии турбулентности струи варьировался от 0,001 до 0,1 от входной скорости основной струи. Во избежание деления на нуль исходные значения окислителя (покоящегося воздуха-окислителя) k, ε остаются постоянными и равным $\bar{k}_1 = 0.005$, $\bar{\varepsilon}_1 = 0.00001$.Такие исходные значения диссипации энергии турбулентности ε для горения газовой смеси пропана-бутана тоже сохранялись.

Основные результаты расчетов полученные указанными исходными значениями диссипации энергии турбулентности ε подтверждают правильности картины течения полученные экспериментально, что ширина струи в направлении большой оси отверстия в начале уменьшается, в то время как в направлении малой оси она растет. Удалением от среза сопла на некотором расстояние вниз по потоку их значения становится равными, после чего обе ширины возрастают практически одинаково, т.е. форма струи переходит в круглую. Такие картины течения наблюдается по форме факела. На рис. 1 показаны динамические границы зоны смещения и по осям OY и OZ в разных сечениях вдоль струи. Как видно из границы смещения скорости в поперечных сечениях струи, вытекающей из сопла с соотношением длин сторон 1:1 при $x/2b = 5$, форма струи переходит в круглую форму (b сторона сопла).

На рис. 2 приведены поперечные распределение диссипации кинетической энергии турбулентности в разных сечениях вдоль струи при значениях $\bar{k}_2 = 0.01$, $\bar{k}_2 = 0.05$ и при фиксированных значениях остальных

ISSN 3030-3907

параметров. Как следует из рисунка, при удалении от входного сечения вдоль струи максимальные значения диссипации энергии турбулентности перемещаются к оси струи. Результаты показали, что максимальному значению температуры соответствует максимальное значение кинетической энергии турбулентности и ее диссипации, что подтверждает физику явления, а также максимальное значение кинематического коэффициента турбулентной вязкости, что уместно для сжимаемых газов.

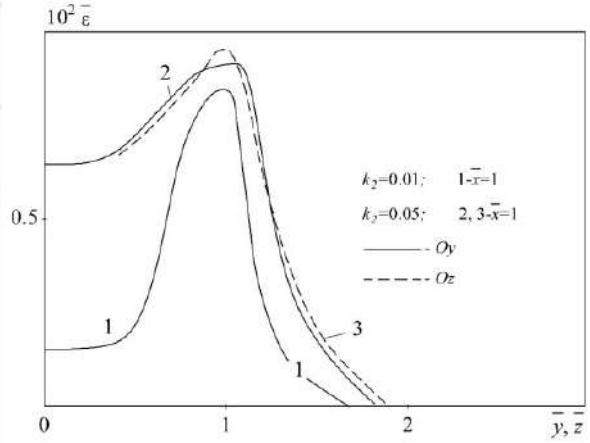


Рис. 2. Поперечное распределение диссипации кинетической энергии турбулентности

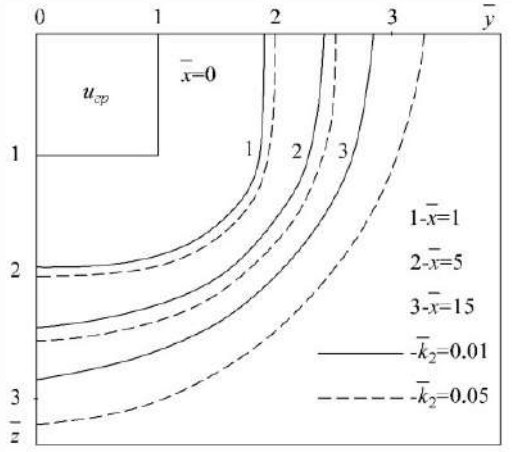


Рис. 1. Граница смещения в разных сечениях вдоль струи при различных исходных значениях кинетической энергии турбулентности струи

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапин Ю.В., Стрелец М.Х. Внутренние течение газовых смесей. -М.: Наука. 1989. -368с.
2. Гарбарук А. В., Стрелец М. Х., Шур М. Л. Моделирование
2. турбулентности в расчетах сложных течений// Учебное пособие.- СПб. Изд- во Политех. Ун-та, 2012.- 88 с.
3. Khodjiyev S. Method and Algorithm for Calculation Isobaric and Noniizobaric Three-Dimensional Turbulent Jets of Reacting Gases. Russian Mathematics, 2023, Vol. 67. №11, pp.34-48.
4. Сфорца P. M., Стейгер T, Трентакосте N.. Исследование трехмерных вязких струй. //Ракетная техн. и космон. 1966, N5, с. 42 - 50.
5. Андерсен Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х т. Т. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 728-392 с.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости.-М.: Энергоатомиздат, 1984, -150 с.
7. Маликов Г.К., Шлеимович Е.М. Численное исследование теплообмена при истечении осесимметричной струи на пластину с применением "K-E-L"

ISSN 3030-3907

модели турбулентности. - Минск. Редколлегия. Инженерно-физического журнала, N 336, 11с.
8. Вулис Л.А., Ярин Л.П. Аэродинамика факела. - Л.: Энергия. 1978.,216 с.
9. Агулыков А., Джаугаштин К.Е., Ярин Л.П. Исследование структуры трехмерных турбулентных струй // Изв. АН СССР МЖГ, -1975, № 6, с. 13-21.
10. Ларюшкин М.А. Некоторые закономерности влияния начального уровня турбулентности на развитие прямоугольной струи- Тр. Московского энер. Института, 1981, № 524, с. 26-30.
11. Палатник И.Б., Темирбаев Д.Ж. О распространение свободных турбулентных струй, вытекающих из насадки прямоугольной формы.// Проблемы теплоэнергетики и теплофизики. Изд. Каз ССР. Алма-Ата, 1964, вып. 1, с. 18-28.

ISSN 3030-3907