



# BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI



11/2023

Научный вестник Бухарского государственного университета  
Scientific reports of Bukhara State University

11/2023



@buxdu\_uz

@buxdu1

@buxdu1

www.buxdu.uz

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI**  
**SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY**  
**НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК БУХАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Ilmiy-nazariy jurnal**  
**2023, № 11, dekabr**

Jurnal 2003-yildan boshlab **filologiya** fanlari bo'yicha, 2015-yildan boshlab **fizika-matematika** fanlari bo'yicha, 2018-yildan boshlab **siyosiy** fanlar bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zaruriy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2000-yilda tashkil etilgan.

Jurnal 1 yilda 12 marta chiqadi.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2020-yil 24-avgust № 1103-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan.

**Muassis: Buxoro davlat universiteti**

**Tahririyat manzili:** 200117, O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.

Elektron manzil: nashriyot\_buxdu@buxdu.uz

**TAHRIR HAY'ATI:**

**Bosh muharrir:** Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bosh muharrir o'rinbosari:** Rasulov To'liqin Husenovich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor

**Mas'ul kotib:** Shirinova Mexrigiyo Shokirovna, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Kuzmichev Nikolay Dmitriyevich**, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor (N.P. Ogaryov nomidagi Mordova milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya)

**Danova M.**, filologiya fanlari doktori, professor (Bolgariya)

**Margianti S.E.**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Indoneziya)

**Minin V.V.**, kimyo fanlari doktori (Rossiya)

**Tashqarayev R.A.**, texnika fanlari doktori (Qozog'iston)

**Mo'minov M.E.**, fizika-matematika fanlari nomzodi (Malayziya)

**Mengliyev Baxtiyor Rajabovich**, filologiya fanlari doktori, professor

**Adizov Baxtiyor Rahmonovich**, pedagogika fanlari doktori, professor

**Abuzalova Mexriniso Kadirovna**, filologiya fanlari doktori, professor

**Amonov Muxtor Raxmatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Barotov Sharif Ramazonovich**, psixologiya fanlari doktori, professor, xalqaro psixologiya fanlari akademiyasining haqiqiy a'zosi (akademigi)

**Baqoyeva Muhabbat Qayumovna**, filologiya fanlari doktori, professor

**Bo'riyev Sulaymon Bo'riyevich**, biologiya fanlari doktori, professor

**Jumayev Rustam G'aniyevich**, siyosiy fanlar nomzodi, dotsent

**Djurayev Davron Raxmonovich**, fizika-matematika fanlari doktori, professor

**Durdiyev Durdimurod Qalandarovich**, fizika-matematika fanlari doktori, professor

**Olimov Shirinboy Sharofovich**, pedagogika fanlari doktori, professor

**Qahhorov Siddiq Qahhorovich**, pedagogika fanlari doktori, professor

**Umarov Baqo Bafoyevich**, kimyo fanlari doktori, professor

**Murodov G'ayrat Nekovich**, filologiya fanlari doktori, professor

**O'rayeva Darmonoy Saidjonovna**, filologiya fanlari doktori, professor

**Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Hayitov Shodmon Ahmadovich**, tarix fanlari doktori, professor

**To'rayev Halim Hojiyevich**, tarix fanlari doktori, professor

**Rasulov Baxtiyor Mamajonovich**, tarix fanlari doktori, professor

**Eshtayev Alisher Abdug'aniyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Quvvatova Dilrabo Habibovna**, filologiya fanlari doktori, professor

**Axmedova Shoira Nematovna**, filologiya fanlari doktori, professor

**Bekova Nazora Jo'rayevna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

**Amonova Zilola Qodirovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

**Hamroyeva Shahlo Mirjonovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

**Nigmatova Lola Xamidovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

**Boboyev Feruz Sayfullayevich**, tarix fanlari doktori

**Jo'rayev Narzulla Qosimovich**, siyosiy fanlar doktori, professor

**Xolliyev Askar Ergashovich**, biologiya fanlari doktori, professor

**Artikova Hafiza Toymurodovna**, biologiya fanlari doktori, professor

**Hayitov Shavkat Ahmadovich**, filologiya fanlari doktori, professor

**Qurbonova Gulnoz Negmatovna**, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

**Ixtiyarova Gulnora Akmalovna**, kimyo fanlari doktori, professor

**Rasulov Zubaydullo Izomovich**, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

**Mirzayev Shavkat Mustaqimovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Samiyev Kamoliddin A'zamovich**, texnika fanlari doktori, dotsent

**Esanov Husniddin Qurbonovich**, biologiya fanlari doktori, dotsent

**Zaripov Gulmurot Toxirovich**, texnika fanlari nomzodi, dotsent

MUNDARIJA \*\*\* СОДЕРЖАНИЕ \*\*\* CONTENTS

ANIQ VA TABIIY FANLAR \*\*\* EXACT AND NATURAL SCIENCES \*\*\* ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

<b>Abdurahmonov O.R., Abdullayev F.R., O'rinov B.J.</b>	Yuvuvchi, oqartiruvchi modda olishda aralastirgich qurilmasini modellashtirish	3
<b>Mukhtorova Sh.N., Bektosheva U.H.</b>	One-dimensional inverse dynamic issues for systems of hyperbolic equations	9
<b>Salimov S.S.</b>	Diagnosing the quality of highways through an intelligent system	14
<b>Xurramovov A.M.</b>	Panjaradagi ixtiyoriy ikki zarrachali sistemaga mos shredinger operatorining spektral xossalari	22
<b>Назаров М.Р., Назарова Н.М.</b>	Рециркуляция ихтам гелиокуритгич	27
<b>Усмонов Ж.</b>	Динамическая система стохастического оператора с переменными коэффициентами	32
<b>Ходжиев С., Жамолов У.Ж., Авезов А.Х.</b>	Влияние на чального значения кинетической энергии турбулентности на характеристики трехмерного факела	37
<b>Холиқов С.Х., Турдиев Х.Х., Баходирова Д.А.</b>	Прямая задача для системы гиперболической уравнений первого порядка с памятью	43
<b>Dilmurodov E.B., Husenova J.T.</b>	Ikki noma'lumli parametrlri chiziqli tenglamalar sistemasiga keltiriladigan amaliy masalalar	52
<b>Eshankulov N.I., Xayitova D.I.</b>	Klinikada kutish jarayonlarini intellektual tahlil usullari bilan optimallashtirish	59
<b>Norqulov O.M.</b>	Panjaradagi ikki zarrachali sistemaga mos model operatorning hos qiymatlari	69
<b>Ибрагимов С.С., Мирзаев Ш.М.</b>	Тўғридан-тўғри турдаги куёш куритгичида узумни куритиш жараёнининг кинетикаси ва натижаларининг киёсий тахлили	75
<b>Рустамова Н.Б., Рустамов Х.Ш.</b>	Вычисление некоторых задач на сайте asmp	83
<b>Razzokova M.B.</b>	Parnik tipidagi suv chuchitkich qurilmasining ish rejimini matematik modellashtirish	90
<b>Меражова Ш.Б., Меражов Н.И., Тураев Ж.Ф.</b>	Обратная задача для одного смешанного интегро-дифференциального уравнения	96
<b>Shamsiddinova M.U.</b>	Diofant tenglamasi yechimining python dasturlash tilidagi talqini	101
<b>Мунинов Р.А., Саймбетов А.К., Тошмуродов Ё.К., Явкочлиев М.О.</b>	Разработка и изготовление портативного дозиметра на основе кремниевых детекторов ядерного излучения	107
<b>Азимов У.И., Эгамбердиев И.М.,</b>	Экситонный механизм двухфононное резонансное комбинационное рассеяние света в квантовой яме	112

**ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХМЕРНОГО ФАКЕЛА**

*Ходжиев Сафар,*

*Бухарский государственный университет,  
Доцент кафедры «Математического анализа».*

*safar1951@mail.ru*

*Жамолов Уткир Жамолович,*

*Бухарский государственный университет,  
Магистрант кафедры «Математического анализа».*

*jamolovutkir2001@gmail.com*

*Авезов Алижон Хайруллоевич,*

*Бухарский государственный университет,  
Старший преподаватель кафедры  
«Математического анализа».*

*a.x.avezov@bukdu.uz*

*Аннотация.* В данной работе приводятся численные результаты исследования влияния исходных значений кинетической энергии турбулентности на параметры трехмерного диффузионного факела.

*Численные расчеты проведены на основе параболизированных трехмерных уравнений Навье-Стокса для многокомпонентного реагирующего газа.*

*В качестве реагирующего газа истекающего из прямоугольного сопла, рассматривается смесь пропана-бутана, а окислителя – воздух.*

*Получены численные результаты, относящиеся к распространению нарастающей границы в плоскостях  $XU$  и  $XZ$  в начальных участках струи различны.*

*Выявлено, что увеличение начального значения турбулентности горючей струи приводит к заметному затуханию скорости вдоль оси струи и сокращению длины в начальном участке. Разрушение потенциального ядра струи и температуры, сопровождается резкой интенсификацией процесса перемешивания струи с окружающей средой.*

*Ключевые слова:* струя, турбулентность, трехмерность, факел, реагирующий газ, Навье-Стокс.

**TURBULENTLIK KINETIK ENERGIYASI BOSHLANG'ICH QIYMATINING UCH  
O'LCHOVLI ALANGA XARAKTERISTIKALARIGA TA'SIRI**

*Аннотация.* Ушбу мақолада диффузия йонишда турбулентлик кинетик энергияси бoshlang'ich qiymatlarining uch o'lchovli alanga parametrlariga ta'sirini sonli o'rganish natijalari keltirilgan.

*Sonli hisoblashlar ko'p komponentli reaksiyaga kirishuvchi gazlar uchun parabolalashgan uch o'lchovli Navie-Stoks tenglamalari asosida amalga oshirildi.*

*To'g'ri to'rtburchak sohadan chiquvchi reaksiyaga kirishuvchi yoqilg'i gaz sifatida propan-butan aralashmasi, oksidlovchi gaz sifatida havo qaralgan. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, oqim(struya) tarqalishi boshlang'ich sohada  $OX$  va  $OY$  o'qlari bo'yicha tarqalishi turlicha, ya'ni deformatsiyaga ega.*

*Sonli natijalardan ma'lum bo'ladiki, yonuvchi gaz turbulentliging boshlang'ich qiymatining oshishi oqim o'qi bo'ylab tezlikning sezilarli darajada pasayishiga va oqim boshlang'ich qismi uzunligining qisqarishiga olib kelishi aniqlanildi.*

*Калит so'zlar:* oqim, turbulentlik, uch o'lchovli, alanga, diffuzion yonish, reaksiyaga kirishuvchi gaz, Navie-Stoks.

**THE EFFECT OF THE INITIAL VALUE OF THE KINETIC ENERGY OF TURBULENCE  
ON THE CHARACTERISTICS OF A THREE-DIMENSIONAL TORCH**

*Abstract.* This paper presents numerical results of a study of the influence of the initial values of the kinetic energy of turbulence on the parameters of a three-dimensional diffusion plume.

*Numerical calculations were carried out on the basis of parabolized three-dimensional Navier-Stokes equations for a multicomponent reacting gas.*

*A mixture of propane-butane is considered as the reacting gas flowing from the rectangular nozzle, and air is considered as the oxidizer.*

*The obtained numerical results related to the propagation of boundary growth in the XY and XZ planes in the initial sections of the jet are different.*

*It has been revealed that an increase in the initial value of the turbulence of a flammable jet leads to a noticeable attenuation of the velocity along the jet axis and a reduction in length in the initial section. The destruction of the potential core of the jet and temperature is accompanied by a sharp intensification of the process of mixing the jet with the environment.*

**Keywords:** jet, turbulence, three-dimensionality, torch, reacting gas, Navier-Stokes

**Введение.** Закономерности струйного турбулентного течения лежат в основе организации рабочих процессов большого числа технических устройств, круг которых непрерывно расширяется. Стремление управлять интенсивностью протекания процессов требует знания не только общих закономерностей указанного типа течения, но и учета конкретных начальных условий истечения и предистории потока.

Исследования, выполненные различными авторами [1-9], свидетельствуют о существенном характере влияния начального уровня турбулентности на параметры струй и форму факела. Эти работы подчеркивают, что увеличение начальных значений кинетической энергии турбулентности в пределах  $3\% \leq k_0 \leq 7\%$  приводит к перестройке микроструктуры потока в начальном и переходном участках струи, которая сказывается на характеристиках осредненного течения. Дальнейший рост начальных значений кинетической энергии турбулентности струи газа приводит к более быстрому затуханию ее осевой скорости с одновременным уменьшением ядра струи с практическим его исчезновением при  $k$  равной 20% – исходного значения скорости основного потока. Обзор существующих литературных источников показал, что исследования в двумерных плоских осесимметричных течениях, проведенные различными авторами, носят, в основном, экспериментальный характер. 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 [19]. В некоторых работах [3, 7-9] 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  $\varepsilon$  на срезе сопла. 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.

Так, в работе [10], при постановке граничных условий для случая истечения из круглой трубы, предложен способ нахождения скорости диссипации на срезе трубы при условии, что на срезе трубы известны распределения скорости пульсационной энергии.

В [11] для исходных значений энергии турбулентности использовано соотношение

$$k_2 = \alpha_k u_2^2, \quad (1)$$

где  $\alpha_k$  – некоторая постоянная, которую можно интерпретировать как начальный уровень турбулентности. Однако в этой работе не приведен способ определения распределения скорости диссипации кинетической энергии турбулентности на срезе сопла.

В [12] распределение  $k$  и  $\varepsilon$  на срезе сопла определено выражениями

$$k_2 = \alpha u_2^2, \quad \varepsilon_2 = \frac{\beta k_2^{3/2}}{L} \quad (2)$$

где  $\alpha, \beta, L$  – эмпирические постоянные.

Согласно приведенному анализу, на практике хорошо зарекомендовали соотношения (2).

В проведенных расчетах мы пользовались соотношениями (2), содержащими некоторую эмпирическую информацию.

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 " $k - \varepsilon$ " турбулентности, в частности, изучение влияния исходного значения кинетической энергии турбулентности на параметры факела.

**Постановка задачи и метод решения.** Данный процесс описывается с помощью трехмерных параболизированных уравнений Навье-Стокса для многокомпонентных смесей химически реагирующих газов. Численные исследования проведены на основе метода и алгоритма расчета приведенные в работе [19]. Исследования проведены при следующих исходных данных [19,21]:

I Данные окислителя;

$$u_1 = 0;$$

$$T_1 = 300K;$$

$$(c_1)_1 = 0.232; \quad (c_2)_1 = 0;$$

$$(c_3)_1 = 0; \quad (c_4)_1 = 0.768;$$

$$\bar{k}_1 = \beta_1;$$

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

$$Pr_T = 0.7; \quad Sc_T = 0.7;$$

II. Данные смеси горючего;

$$u_2 = 61 \text{ м/с};$$

$$T_2 = 1200K;$$

$$(c_1)_2 = 0; \quad (c_2)_2 = 0.12;$$

$$(c_3)_2 = 0; \quad (c_4)_2 = 0.88;$$

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

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ атм} = \text{const},$$

где  $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1$  и  $\beta_2$  некоторые безразмерные константы, а индекс 2 относится к параметру горючего, 1 – окислителя.

Здесь можно отметить, что при формулировании краевых условий относительно кинетической энергии турбулентности использованы экспериментальные материалы существующих источников [3, 6, 8], а относительно диссипации кинетической энергии турбулентности граничные значения брались интуитивно в ходе проведения численного эксперимента, т.е. варьированием значения константы  $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1$  и  $\beta_2$ . В обычных условиях, когда струя истекает из сопла со сравнительно равномерным начальным профилем скоростей или же из длинного трубопровода с соответствующим неравномерным профилем скоростей, интенсивность турбулентности в ее начальном сечении не превышает  $1 \div 2\%$  [6]. Приводимые в большинстве работ результаты экспериментального исследования плоских и осесимметричных струй относятся именно к таким значениям начальной турбулентности потока струи.

Эти начальные значения турбулентности невелики по сравнению с той наибольшей турбулентностью, которая генерируется в струе.

Таким образом, в расчетах  $\beta_2$  варьировалось так, что безразмерное начальное значение кинетической энергии турбулентности не превышало 10% от безразмерной исходной скорости струи горючего.

Основные результаты расчетов приведены в виде графиков на рисунках 1-5. На рис.1 показано развитие профилей продольной скорости в разных сечениях вдоль струи по осям  $y$  и  $z$  в различных исходных значениях турбулентности струи. Как следует из графика, при увеличении исходного значения  $\bar{k}_2$ , т.е. при  $\bar{k}_2 = 0.05$  (сравнением  $\bar{k}_2 = 0.01$ ) ядро струи уменьшается и при удалении от устья сопла значение продольной скорости быстрее падает и область смещения становится шире. Из профилей продольной скорости, приведенных в  $\bar{x} = 10$ , видно, что изменения ее по оси  $y$  и  $z$  становятся подобными, т.е. форма струи приобрела круглую форму. В обоих исходных значениях  $\bar{k}_2$ , распределение скорости в поперечных сечениях диффузионного факела имеет типичный для струйных течений вид. Численные результаты, относящиеся к распространению нарастающей границы пограничного слоя в плоскостях  $XY$  и  $XZ$  в начальных участках струи различны, что подтверждают экспериментальные данные [3, 13-16].

На рис.2 приведено осевое изменение продольной скорости, температуры и концентрации при начальных значениях  $\bar{k} = 0.01$  и  $\bar{k}_2 = 0.05$  (пунктирная линия). Из этих графиков можно сделать заключение о том, что полученные закономерности имеют место также в других работах [1, 15, 17,18]. Как видно из графика, увеличение начального значения турбулентности основной струи приводит к заметному затуханию скорости вдоль оси струи и сокращению длины на начальном участке. Разрушение потенциального ядра струи и температуры, сопровождается резкой интенсификацией процесса перемешивания струи с окружающей средой. Интенсивность

перемешивания приводит к интенсивному нарастанию (тепловыделению) температуры и быстрой потере горючего вещества.

На рис.3 приведено поперечное распределение температуры в разных сечениях вдоль струи при исходных значениях кинетической энергии турбулентности  $\bar{k}_2 = 0.01$  и  $\bar{k}_2 = 0.05$ . Здесь также можно отметить, что увеличение исходного значения уровня пульсации турбулентности приводит к наиболее полному профилю температуры.

На рисунках 4 и 5 приведено поперечное распределение кинетической энергии турбулентности и 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 параметров. Как следует из рисунков, 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 газов. Кроме того, при удалении от входного сечения вдоль струи максимальные значения кинетической энергии турбулентности и диссипации энергии турбулентности перемещаются к оси струи.

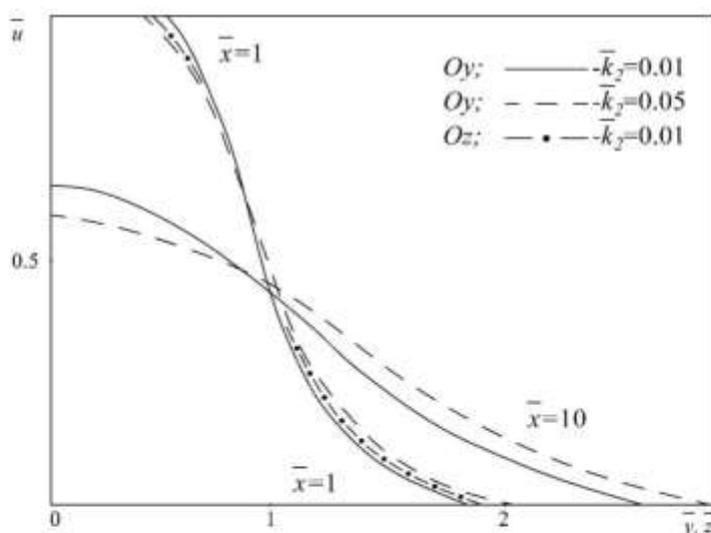


Рис.1. Развитие профилей продольной скорости при разных исходных значениях турбулентности струи

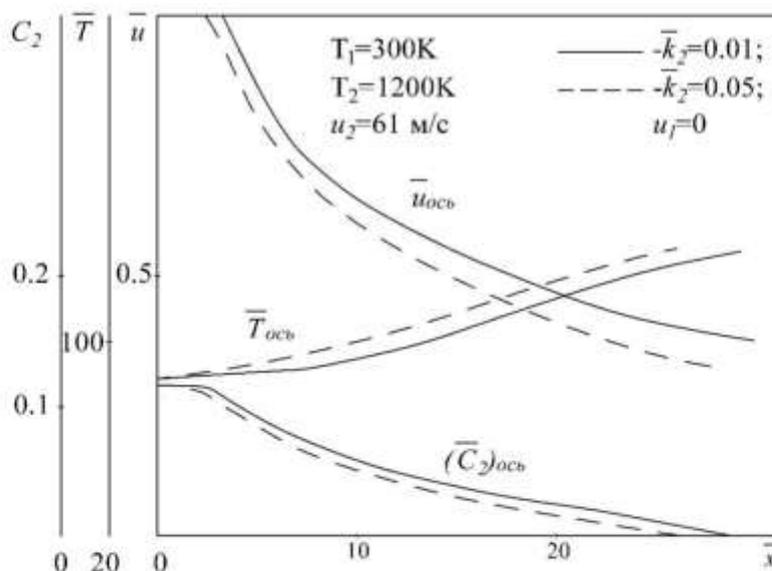


Рис.2. Осевое изменение продольной скорости, концентрации и температуры

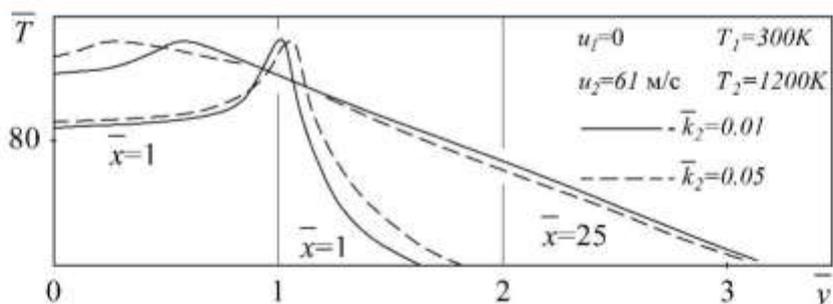


Рис.3. Поперечное распределение температуры при различных исходных значениях кинетической энергии турбулентности струи

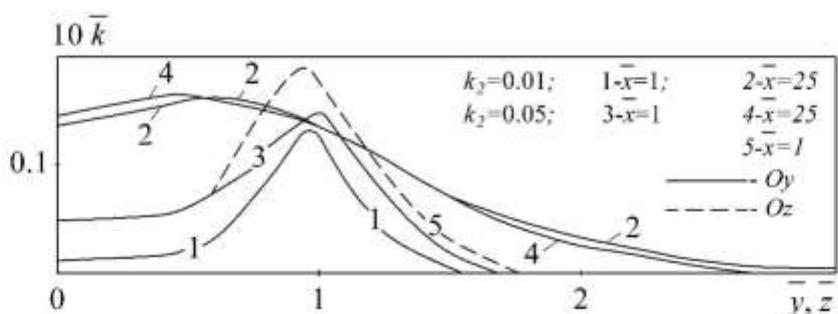


Рис.4. Поперечное распределение кинетической энергии турбулентности

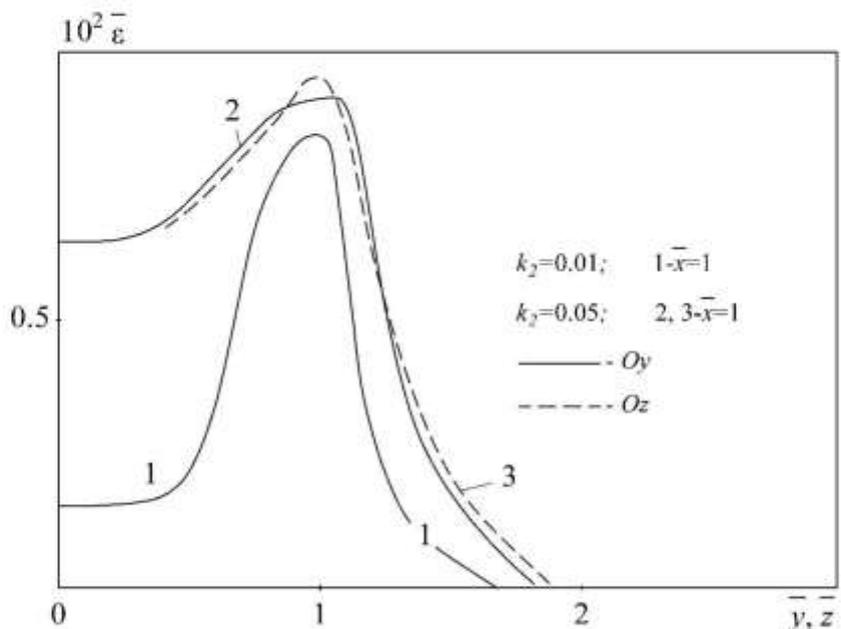


Рис.5. Поперечное распределение диссипации кинетической энергии турбулентности

**Заключение.** Выявлено, что увеличение начального значения турбулентности основной струи приводит к заметному затуханию скорости вдоль оси струи и сокращению длины начального участка.

Интенсивность перемешивания приводит к интенсивному нарастанию (тепловыделению) температуры и быстрой потере горючего вещества.

Численно получено, что максимальному значению температуры соответствует максимальное значение кинетической энергии турбулентности и ее диссипации.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй, -м.: Наука, ,1984, -715с.
2. Абрамович Г.Н. Крашениников С. Ю., Секунов А. Н., Смирнова И.Н. Турбулентное смешение газовых струй.-М.: Наука. 1974. -272с.
3. Агульков А., Джаугаитин К.Е., Ярин Л.П. Исследование структуры трехмерных турбулентных струй //Изв. АН СССР МЖГ.- 1975, -№6, с. 13-21.
4. Вулис Л.А., Ярин Л.П. Аэродинамика факела. -Л.: Энергия. Щ 1978., -216С
5. Вулис Л.А., К расчету свободных турбулентных течений с помощью эквивалентной задачи теории теплопроводности. /Из.АН КазССР, серия энергетика, 1960,вып.2(18)
6. Гиневский А.С., Почкина К.А. Влияния начальной турбулентности потока на характеристики осесимметричной затопленной струи. Инж.-физ.ж. ,1967,Т.ХII, N 1,с.32-41.
7. Голованов Ю.В. Влияния начальной турбулентности на динамические характеристики круглой затопленной струи. -В кн.: Тр.ХХII науч. конф. Моск.физ.техн. Долгопрудный, 1976, с.34-36.
8. Двоишников В.А., Ларюшкин Н.А.,Князьков В.П. Влияния начальных условий на развитие турбулентности струи.//Энергетика и транспорт.-М. :1981 ,N 4,с.167-170
9. Ларюшкин М.А. Некоторые закономерности влияния начального уровня турбулентности на развитие прямоугольной струи. -Тр. Московского энерг.института, 1981, № 524, с.26-30.
10. Кондратьев Л.В., Медведев С.В. Применение 2-х параметрической модели турбулентности для расчета струйных течений// Физико-химические процессы в энергетических установках. Минск, 1983, с. 16-19.
11. Артюк Л.Ю., Кашикарров В.П., Тыликанбаев М.В. Об эффекте ламинаризации диффузионного турбулентного факела.// Численные методы решения задач математической физики. Алма-Ата, 1983, С. 28-35
12. Кашикарров В.П., Локтинов И.В. Распространение турбулентного диффузионного факела вдоль цилиндрической поверхности//Горение гет. и газ. систем. Черногловка., Т. VII, с.48-51.
13. Кузов К. Аэродинамика струй, истекающих из прямоугольных сопел.// Промышленная теплотехника. Том 12, N4,1990, с.38-44.
14. Палатник И.Б., Темирбаев Д.Ж. О распространении свободных турбулентных струй, вытекающих из насадки прямоугольной формы. //Проблемы теплоэнергетики и теплофизики. Изд.Каз ССР. Алма-Ата, 1964, вып.1, с.18-28.
15. Сфорца Р.М., Стейгер, Трентакосте Н. Исследование трехмерных вязких струй.//Ракетная техн. и космон. 1966, N5, с. 42-50.
16. Туркус В.А. Структура воздушного приточного факела, выходящего из прямоугольного отверстия.-Отопление и вентиляция. 1933, N5.
17. Алиев Ф., Жумаев З.Ш. Струйные течения реагирующих газов.-Ташкент. Фан. 1987. -132с.
18. Мак-Гирк Дж.Дж., Роди В. Расчет трехмерных турбулентных свободных струй.//В сб. Турбулентные сдвиговые течения, т.1. ' М.: Машиностроение, 1982, с.72-88.
19. Ходжиев С. Метод и алгоритм расчета изобарических и неизобарических трехмерных турбулентных струй реагирующих газов казан. Известия вузов. Математика. 2023, № 11, с. 1-18.
20. Вулис Л.А.,Ериши Ш.А.,Ярин Л.П. Основы теории газового факела. -Л.: Энергия. 1968. - 203с
21. Хужаев И. К., Хамдамов М.М. Численные алгоритмы расчета турбулентных струйных течений реагирующих газов.-Бухара: «Sadriddin Salim Buxoriy», Durdona. 2022. -124с.