

ISSN 2181-6883

PEDAGOGIK MAHORAT

Ilmiy-nazariy va metodik jurnal

**MAXSUS SON
(2021-yil, dekabr)**

Jurnal 2001-yildan chiqa boshlagan

Buxoro – 2021

PEDAGOGIK MAHORAT

Ilmiy-nazariy va metodik jurnal 2021, maxsus son

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2016-yil 29-dekabrda qarori bilan **pedagogika** va **psixologiya** fanlari bo'yicha dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zarurii nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2001-yilda tashkil etilgan.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2016-yil 22-fevral № 05-072-sonli guvoohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy
Elektron manzil: ped_mahorat@umail.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Adizov Baxtiyor Rahmonovich – pedagogika fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Mas'ul kotib: Hamroyev Alijon Ro'ziqulovich – pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent

Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori

Begimqulov Uzoqboy Shoyimqulovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Mahmudov Mels Hasanovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Ibragimov Xolboy Ibragimovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Yanakiyeva Yelka Kirilova, pedagogika fanlari doktori, professor (N. Rilski nomidagi Janubiy-G'arbiy Universitet, Bolgariya)

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Mahmudova Muyassar, pedagogika fanlari doktori, professor

Kozlov Vladimir Vasilyevich, psixologiya fanlari doktori, professor (Yaroslavl davlat universiteti, Rossiya)

Chudakova Vera Petrovna, psixologiya fanlari nomzodi (Ukraina pedagogika fanlari milliy akademiyasi, Ukraina)

Tadjixodjayev Zokirxo'ja Abdusattorovich, texnika fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Mahmudov Nosir Mahmudovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharopovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qiyamov Nishon Sodiqovich, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Qahhorov Otabek Siddiqovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ МАСТЕРСТВО

Научно-теоретический и методический журнал 2021, специальный выпуск

Журнал включен в список обязательных выпусков ВАК при Кабинете Министров Республики Узбекистан на основании Решения ВАК от 29 декабря 2016 года для получения учёной степени по педагогике и психологии.

Журнал основан в 2001г.

Журнал зарегистрирован Бухарским управлением агентства по печати и массовой коммуникации Узбекистана.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 05-072 от 22 февраля 2016 г.

Учредитель: Бухарский государственный университет

Адрес редакции: Узбекистан, г. Бухара, ул. Мухаммад Икбол, 11.

e-mail: ped_mahorat@umail.uz

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Адизов Бахтиёр Рахманович – доктор педагогических наук, профессор

Заместитель главного редактора: Навруз-заде Бахтиёр Нигматович – доктор экономических наук, профессор

Ответственный редактор: Хамраев Алижон Рузикулович – доктор педагогических наук (DSc), доцент

Хамидов Обиджон Хафизович, доктор экономических наук

Бегимкулов Узакбай Шаимкулович, доктор педагогических наук, профессор

Махмудов Мэлс Хасанович, доктор педагогических наук, профессор

Ибрагимов Холбой Ибрагимович, доктор педагогических наук, профессор

Янакиева Елка Кирилова, доктор педагогических наук, профессор (Болгария)

Каххаров Сиддик Каххарович, доктор педагогических наук, профессор

Махмудова Муяссар, доктор педагогических наук, профессор

Козлов Владимир Васильевич, доктор психологических наук, профессор (Ярославль, Россия)

Чудакова Вера Петровна, PhD (Психология) (Киев, Украина)

Таджиходжаев Закирходжа Абдусаттарович, доктор технических наук, профессор

Аманов Мухтор Рахматович, доктор технических наук, профессор

Ураева Дармоной Саиджановна, доктор филологических наук, профессор

Дурдыев Дурдымурад Каландарович, доктор физико-математических наук, профессор

Махмудов Насыр Махмудович, доктор экономических наук, профессор

Олимов Ширинбой Шарофович, доктор педагогических наук, профессор

Киямов Нишон Содикович, доктор педагогических наук, профессор

Каххаров Отабек Сиддинович, доктор экономических наук (DSc)

PEDAGOGICAL SKILLS

The scientific-theoretical and methodical journal 2021, special release

The journal is submitted to the list of the scientific journals applied to the scientific dissertations for **Pedagogic** and **Psychology** in accordance with the Decree of the Presidium of the Ministry of Legal office of Uzbekistan Republic on Regulation and Supervision of HAC (The Higher Attestation Commission) on December 29, 2016.

The journal is registered by Bukhara management agency for press and mass media in Uzbekistan.
The certificate of registration of mass media № 05-072 of 22 February 2016

Founder: Bukhara State University

Publish house: Uzbekistan, Bukhara, Muhammad Ikbol Str., 11.
e-mail: ped_mahorat@umail.uz

EDITORIAL BOARD:

Chief Editor: Pedagogical Sciences of Pedagogy, Prof. Bakhtiyor R. Adizov.

Deputy Editor: Pedagogical Sciences of Economics, Prof. Bakhtiyor N. Navruz-zade.

Editor: Doctor of Pedagogical Sciences(DSc), Asst. Prof. Alijon R. Khamraev

Doctor of Economics Sciences Obidjan X. Xamidov

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. Uzakbai Sh. Begimkulov

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. Mels Kh. Mahmudov

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. Holby I. Ibrahimov

Ph.D. of Pedagogical Sciences, Prof. Yelka K. Yanakieva (Bulgaria)

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. Siddik K. Kahhorov

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof. M. Mahmudova

Doctor of Psychology, Prof. Vladimir V. Kozlov (Yaroslavl, Russia)

Ph.D. of Psychology, Vera P. Chudakova (Kiev, Ukraina)

Doctor of Technical sciences, Prof. Mukhtor R. Amanov

Doctor of Technical sciences, Prof. Zakirkhodja A. Tadjikhodjaev

Doctor of Philology, Prof. Darmon S. Uraeva

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Prof. Durdimurod K. Durdiev

Doctor of Economics, Prof. Nasir N. Mahmudov

Doctor of Pedagogical Science, Prof. Shirinboy Sh. Olimov

Doctor of Pedagogical Science, Prof. Nishon S. Kiyamov

Doctor of Economics Sciences Otabek S. Kahhorov

MUNDARIJA

Hamza ESHANKULOV, Ubaydullo ARABOV. Asinxron parallel jarayonlarni petri to'ri orqali modellashtirish	7
Ozodjon JALOLOV, Ixtiyor YARASHOV. Matematika mobil ilovasi	15
Tursun SHAFIYEV, Farrux BEBUTOV. Zararli moddalarning atmosfereda ko'chishi va diffuziyasi jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillarni sonli tadqiq qilish.....	19
J. JUMAYEV. Ikkinchi tartibli chiziqlar mavzusini mathcad matematik paketi yordamida o'qitish	26
Ozodjon JALOLOV, Shohida FAYZIYEVA. Lagranj interpolatsion ko'phadi uchun algoritmi va dastur yaratish.....	32
Samandar BABAYEV, Nurali OLIMOV, Mirjalol MAHMUDOV. $W_2, \sigma_2, 1(0,1)$ Hilbert fazosida optimal interpolatsion formulaning ekstremal funksiyasini topishning metodologiyasi	35
Жура ЖУМАЕВ, Мархабо ТОШЕВА. Методика для исследования конвективной теплопроводности вблизи вертикального источника	39
Озоджон ЖАЛОЛОВ, Хуршидjon ХАЯТОВ, Мехринисо МУХСИНОВА. Об одном погрешности весовых кубатурных формул в пространстве $\tilde{C}^{(m)}(T_n)$	44
H.Sh. Rustamov. D.H. Fayziyeva/ Dasturlashtirilgan o'qitishning didaktik asoslari.....	47
G.K.ZARIPOVA. O.R.HAYDAROV. F.R.KARIMOV. Bo'lajak informatika fani o'qituvchilarini tayyorlashda raqamli texnologiyalarni tatbiq etish tendensiyasini takomillashtirish	52
Hamza ESHANKULOV, Aslon ERGASHEV. Iqtisodiy boshqaruv qarorlarini qabul qilishda business intelligence tizimlarining ustunlik jihatlari.....	58
Xurshidjon XAYATOV. Fazliddin JUMAYEV, WEB sahifada CSS yordamida o'tish effektlaridan foydalanish	63
Xurshidjon XAYATOV, Dilshod ATOYEV. MAPLE matematik tizimning grafik imkoniyatlari	67
Zarif JO'RAYEV, Lola JO'RAYEVA. Gibril algoritmlar asosida tashxis qo'yish masalasini yechish.....	72
Nazokat SAYIDOVA, Yulduz ASADOVA, Mehriniso ABDULLAYEVA. Photoshop dasturida yaratiladigan elektron qo'llanmalarining ahamiyati	78
Gavhar TURDIYEVA, Adiz SHOYIMOV. Elektron kafedrani shakllantirishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning ahamiyatli tomonlari	83
Shafoat IMOMOVA. Blockchain va uning axborot xavfsizligiga ta'siri.....	88
Zarif JO'RAYEV, Lola JO'RAYEVA. Immun algoritmlari yordamida tashxis qo'yish masalasini yechish..	91
Гулсина АТАЕВА. Анализ программ для обеспечения информационной безопасности	96
Бехзод ТАХИРОВ. Программные приложения для коммерческих предприятий и их значение.....	101
Lola YADGAROVA, Sarvinoz ERGASHEVA. Age of modern computer technologies in teaching english language	106
Hakim RUSTAMOV, Dildora FAYZIYEVA. Axborot xavfsizligi sohasida turli parametrlarga asoslangan autentifikatsiya usullari	111
Furqat XAYRIYEV. Loyihalarni boshqarishda "agile" yondashuvi	116
X.Ш. РУСТАМОВ, М.А. БАБАДЖАНОВА. Работа со строковыми величинами на языке программирования python	119
Sulaymon XO'JAYEV. O'zbekistonda axborot xavfsizligi.....	125
Farhod JALOLOV, Shohnazar SHAROPOV. Axborot kommunikatsion texnologiyalarning zamonaviy ta'lim va axborotlashgan jamiyatdagi o'rni	130
F.R.KARIMOV. Effektiv kvadratur formulalar qurish metodlari	133
Sarvarbek POLVONOV, Alibek ABDUAKHADOV, Jamshid ABDUG'ANIYEV, G'ulomjon ELMURATOV. Some algorithms for reconstruction of images	140
Gulnora BO'RONOVA, Feruza MURODOVA, Feruza NARZULLAYEVA. Boshlang'ich sinflarda lego digital designer simulyatsiya muhitida o'ynash orqali robototexnika elementlarini o'rgatish	144
Firuza MURADOVA. Modern digital technologies in education opportunities and prospects	148
Ziyomat SHIRINOV. C# dasturlash tilidagi boshqaruvni ketma-ket uzatishni amaliy o'rganish.....	154
Istam SHADMANOV, Marjona FATULLAYEVA. Modeling of drying and storage of agricultural products under the influence of natural factors	157
M.Z.XUSENOV, Lobar SHARIPOVA. Kimyo fanini o'qitishda Vr texnologiyasini qo'llash	164
Feruz KASIMOV. 9-sinf o'quvchilari uchun aralash ta'lim shaklida informatika va axborot texnologiyalar fani dasturlash asoslari bo'limini o'qitishning o'ziga xos xususiyatlari	167
Умиджон ХАЙИТОВ. Информационные и коммуникационные технологии в активизации познавательной деятельности учащихся	172

(11)- ifodadan $a=d_2$, $d=d_0$ deb belgilab, (11)- ifodaningning koeffitsiyentlari aniqlangani uchun qayta yozamiz:

$$\psi_\ell(x) = (G * \ell)(x) + ae^{-\sigma x} + d. \quad (15)$$

Shunday qilib, quyidagi teorema isbotlandi.

Teorema 1. (5)- va (7)- chegaraviy masalalarning yechimi (3)- xatolik funksionalining ekstremal funksiyasi bo'lad va quyidagi ko'rinishga ega

$$\psi_\ell(x) = \ell(x) * G(x) + ae^{-\sigma x} + d,$$

bunda:

$$G(x) = \frac{\text{sign}x}{4\sigma^3} (-2\sigma x + e^{\sigma x} - e^{-\sigma x}).$$

Xulosa. Ushbu ishda, $W_{2,\sigma}^{(2,1)}(0,1)$ fazosida (1)- optimal interpolatsion formula qurishdagi xatolik funksionalining ekstremal funksiya aniqlandi.

Adabiyotlar

1. Babaev, S.S (2019), On an optimal interpolation formula in $K_2(P_2)$ space. *Uzbek Mathematical Journal*, №1, pp.28-42, <https://doi.org/10.29229/uzmj.2019-1-4>.
2. Babaev, S.S, Hayotov, A.R.(2019). Optimal interpolation formulas in the space $W_2^{(m,m-1)}$. *Calcolo* 56:23, <https://doi.org/10.1007/s10092-019-0320-9>.
3. Babaev, S.S, Davronov, J. R. Mamatova, N. H.(2020). On an optimal interpolation formula in the space $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$. *Bulletin of the Institute of Mathematics*, №4, pp.1-12.
4. Babaev, S.S, Hayotov, A. R., Khayriev, U. N.(2020). On an optimal quadrature formula for approximation of Fourier integrals in the space $W_2^{(1,0)}(0,1)$. *Uzbek Mathematical Journal*, No2, p.23-36, <https://doi.org/10.29229/uzmj.2020-2-3>.
5. Hayotov, A. R., Babaev, S.S.(2020). Optimal quadrature formulas for computing of Fourier integrals in a Hilbert space. *Problems of Computational and Applied Mathematics*. Tashkent, 4 (28), 73-84.
6. Хаётов, А. Р, Бабаев, С. С.(2014). Вычисление коэффициентов оптимальных интерполяционных формул в пространстве $W_2^{(2,1)}(0,1)$. *Uzbek Mathematical Journal*, №3, pp.126-133.
7. Бабаев, С.С., Маматова, Н.Х., Хаётов, А.Р(2017). Оптимальные интерполяционные формулы в пространстве $L_2^{(m)}(0,1)$. *Uzbek Mathematical Journal*, №2, pp.23-31.
8. Hayotov, A. R., Babaev, S.S.(2021). Optimal quadrature formulas for computing of Fourier integrals in $W_2^{(m,m-1)}$ space. *AIP Conference Proceedings* 2365, 020021.
9. Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике. - М.: "Наука", 1979. - 320 с.

Жура ЖУМАЕВ

Доцент

Бухарского государственного
университета

Мархабо ТОШЕВА

Магистрант

Бухарского государственного
университета

МЕТОДИКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВБЛИЗИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА

В этой статье предлагается методика для исследования процесса возникновения динамического и температурного пограничных слоев вблизи вертикально расположенного стержня, который является источником тепла. Среда считается сжимаемой, исходя из этого предположения выбирается математический модель в виде системы дифференциальных уравнений в приближении теории пограничного слоя. При обезразмеровании дифференциальных уравнений учтена равенства нулю начальной скорости течения. Сформулированная система дифференциальных уравнений в частных производных с граничными условиями решена численно и его алгоритм реализовано с использованием графической среды DELPHI. Для рисования графиков был использован компонент Chart.

Ключевые слова: динамический пограничный слой, температурный пограничный слой, источник тепла, математический модел, компьютерный модел, дифференциальные уравнения в частных производных, теплообмен, естественная конвекция, уравнения пограничного слоя, ламинарный режим.

Ushbu maqolada issiqlik manbai bo'lgan vertikal joylashgan novda yaqinida dinamik va haroratli chegara qatlamlarini shakllantirish jarayonini o'rganish metodologiyasi taklif etiladi. Muhit siqiladigan deb hisoblanadi, bu taxminga asoslanib, chegara qatlami nazariyasini yaqinlashtirishda differensial tenglamalar tizimi ko'rinishidagi matematik model tanlanadi. Differensial tenglamalarni o'lchamsiz qilishda oqimning dastlabki tezligining nolga tengligi hisobga olingan. Chegaraviy shartlarga ega bo'lgan qisman differensial tenglamalarning shakllantirilgan tizimi sonli yechiladi va uning algoritmi DELPHI grafik muhiti yordamida amalga oshiriladi. Grafiklarni chizish uchun diagramma komponenti ishlatilgan.

Kalit so'zlar: dinamik chegara qatlami, temperaturali chegara qatlami, issiqlik manbai, matematik model, kompyuter modeli, qisman differensial tenglamalar, issiqlik uzatish, tabiiy konveksiya, chegaraviy qatlam tenglamalari, laminar rejim.

This article proposes a methodology for studying the process of the formation of dynamic and temperature boundary layers near a vertically located rod, which is a source of heat. The medium is considered compressible, based on this assumption, a mathematical model is selected in the form of a system of differential equations in the approximation of the boundary layer theory. When making the differential equations dimensionless, the equality of the initial flow velocity to zero was taken into account. The formulated system of partial differential equations with boundary conditions is solved numerically and its algorithm is implemented using the DELPHI graphical environment. Chart component was used to draw graphs.

Key words: dynamic boundary layer, temperature boundary layer, heat source, mathematical model, computer model, partial differential equations, heat transfer, natural convection, boundary layer equations, laminar regime.

Введение. Всестороннее исследование процессов тепловой конвекции является весьма актуальной проблемой гидромеханики и теплообмена, поскольку они часто встречаются во многих задачах практики, например, в теплицах, машиностроении, промышленных установках и т.д., которые связаны эффективным (рациональным) использованием энергетических ресурсов, актуальность которых отражается в указах и постановлениях руководства нашей республики[1].

Исследованию таких механизмов посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных авторов. В частности, в [2, 3] рассматривается влияние процессов конвекции при проектировании современных элементов электронной техники, в [4, 5] рассмотрены вопросы конвекции в случае аварийного охлаждения ядерного или химического реакторов.

Сопряженная задача естественной конвекции в частично заполненном жидкостью вертикальном цилиндрическом баке в условиях подвода равномерного теплового потока к внешней стороне боковой стенки и одновременного отвода тепла через локальные стоки, расположенные в боковой стенке бака, проанализирована в [6].

В работе [7] рассматривается течение вязкой несжимаемой жидкости вдоль нагретого вертикального конуса с учетом изменений вязкости и температуропроводности в зависимости от температуры. Предполагается, что вязкость жидкости является экспоненциальной функцией температуры, а температуропроводность - линейной функцией температуры. Основные уравнения для ламинарной свободной конвекции жидкости преобразуются в безразмерные уравнения в частных

производных, которые решаются методом конечных разностей с неявной схемой Кранка-Николсона. Получены зависимости параметров потока от вязкости жидкости и теплопроводности.

В работе (9) рассматривается стационарный, ламинарный перенос в слое, примыкающем погруженный в покоящийся окружающий газ в вертикальной поверхности, который является источником тепла. В качестве математической модели использованы уравнения в приближении пограничного слоя. Исследован конвекция газа вблизи вертикально расположенного источника тепла.

Вышеприведенный анализ показывает, что процессы тепловой конвекции нуждается в дальнейшем исследовании. Например, во многих источниках среда считается несжимаемым.

Основная часть. В настоящей работе численно исследуется стационарный, ламинарный перенос в слое между примыкающем погруженный в покоящимися окружающим газом вертикально расположенного источника тепла. При этом предполагается, что температура окружающего воздуха постоянно и равно t_0 ; температура на поверхности стержня так же поддерживается постоянными температурами равными t_1 ($t_1 > t_0$). Схематическая картина течения показан на рис.1.

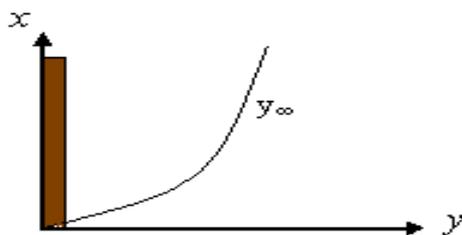


Рис.1. Схематическая картина течения возникающей динамического и температурного пограничного слоя

В процессах тепловой или свободной конвекции, в отличие от вынужденной, течение возникает по действием разности температур. Во внешних свободно-конвективных течениях, которые рассматривается здесь, параметры окружающей среды можно принять постоянными[9].

Если температура источника тепла (в дальнейшем назовем его стержнем) больше окружающего воздуха, возле его возникает динамическое и тепловое пограничные слои. Динамический пограничный слой определяет область возникновения конвекции атмосферного воздуха, тепловой пограничный слой область возникновения конвекции тепла в некотором слое.

Граница динамического пограничного слоя определяется тем, что внутри этой границы появляется некоторое движение воздуха в связи с разности температуры или плотности, а граница теплового пограничного слоя разницей температур относительно окружающего воздуха. Если обозначить толщину динамического пограничного слоя через δ_U , а толщину теплового пограничного слоя через δ_T , тогда для ламинарного пограничного слоя:

$$\frac{\delta_U}{\delta_T} = \sqrt{Pr}$$

Где Pr – число Прандтля.

Если $Pr = 1$, тогда толщины динамического и теплового пограничных слоев равны, если $Pr < 1$, тогда толщина динамического пограничного слоя меньше теплового, а при $Pr > 1$ толщина теплового пограничного слоя меньше динамического. Случай $Pr < 1$ уместно для областей, затопленные газом.

Уравнения динамического пограничного слоя получается из уравнений движения и сплошной среды.

Уравнения теплового пограничного слоя получается из уравнений энергии.

При проведении вычислительных экспериментов предполагалось, что теплофизические свойства материала стенок и газа не зависят от температуры, а режим течения является ламинарным.

При распространении тепла в соответствии с разницей плотностей возникает движение молекул газа и будет направлена вверх.

Процесс распространения тепла из вертикально расположенного стержня будем исследовать используя дифференциальных уравнений в частных производных, в приближении ламинарного пограничного слоя, который математически моделируется следующей системой [9-10]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) &= 0, \\ \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\rho \beta (T - T_1)}{Fr}, \\ \rho u \frac{\partial E}{\partial x} + \rho v \frac{\partial E}{\partial y} &= \frac{1}{Pr} \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \cdot \frac{\partial E}{\partial y} \right). \end{aligned} \right\} (1)$$

В этих уравнениях неизвестными является: u, v - продольные и поперечные составляющие скорости; ρ - плотности, T - абсолютная температура, E - полная энергия, а также динамический коэффициент вязкости μ .

Fr - гидродинамическое число Фруда, Pr - Число Прандтля - критерий подобия тепловых процессов в жидкостях и газах, учитывающий влияние физических свойств теплоносителя на теплоотдачу [14].

Для замыкания системы дифференциальных уравнений (1) привлекаем следующие алгебраические уравнения:

Полная энергия

$$E = C_p T; \quad (2)$$

Уравнение состояния для идеального газа

$$\rho = \frac{const}{T}; \quad (3)$$

Зависимость коэффициента вязкости газа от температуры представляется формулой Саттерленда [10]

$$\mu = \frac{const \cdot T^{3/2}}{C + T}; \quad \text{где } C \approx 122 \text{ (для воздуха)} \quad (4)$$

Таким образом, система уравнений (1) с учетом (2)-(4) замыкается.

Граничные условия

Согласно рис. 1 сформулируем граничные условия. В системе координат по оси x расположен неограниченно вертикально расположенная стержня, который является источником тепла, который имеет фиксированные значения. При тепло и массопереносе вблизи стержня возникает динамические и тепловые пограничные слои. Толщина пограничного слоя расширяется по мере продвижения на верх. Исходя из перечисленных выше, сформулируем граничные условия:

$$x = 0: \begin{cases} u = 0, H = H_0, v = 0 & \text{при } y = 0 \\ u = 0, H = H_1, v = 0 & \text{при } y > 0 \end{cases}$$

$$x > 0: \begin{cases} u = 0, H = H_0, v = 0 & \text{при } y = 0 \\ u \rightarrow 0, H \rightarrow H_1, v \rightarrow 0 & \text{при } y \rightarrow y_\infty \end{cases} \quad (5)$$

Для решения системы (2.1)-(2.4) в основе граничных условий приведем к безразмерному виду. При этом имеем ввиду, что в нашем случае начальная скорость равна нулю, учитывая это, за масштабную величину скорости принимаем следующую выражению, исходя из теории размерности:

$$u_m = \sqrt{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L},$$

Для других величин введем следующие масштабные величины

$$H_m = H_0, \quad \rho_m = \rho_0, \quad v_m = u_m, \quad x_m = L, \quad y_m = L \quad (6)$$

Здесь под L подразумевается наибольшая ширина пограничного слоя.

Индекс m означает, что эта величина масштаба.

После обезразмерования система уравнений принимает следующий вид:

$$\bar{\rho} u \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{\rho} v \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = \frac{1}{\sqrt{Gr}} \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{\rho} \cdot \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) - \frac{\bar{\rho}}{\beta \cdot \Delta T}$$

$$\bar{\rho} \cdot \bar{u} \frac{\partial \bar{E}}{\partial x} + \bar{\rho} \cdot \bar{v} \frac{\partial \bar{E}}{\partial y} = \frac{1}{Pr} \cdot \frac{1}{\sqrt{Gr}} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial \bar{E}}{\partial y} \right)$$

где Gr - число Грасгофа.

Выше изложенная задача решена численно с применением двухслойной, четырехточечной неявной конечно - разностной схемы и методом прогонки с итерацией [12].

Используя метод метода конечных разностей, всю область решения представляют в виде совокупности узлов [13]. В результате аппроксимации дифференциальных уравнений в частных производных конечными разностями получаем систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), определяя искомый параметр в каждом узле сетки. Для замыкания такой схемы используются граничные условия, представленные в разностном виде. В результате получаем замкнутую систему линейных алгебраических уравнений, решаемую с помощью ЭВМ.

При этом на основе составленного алгоритма составлен программа на языке DELPHI. Во время работы программы результаты выражались в виде графиков, для этого воспользовались компонентом Chart.

На рис. 1. приведены ширина зоны смещения теплового пограничного слоя, а на рис.2. приведены изменение продольной скорости в сечении $\bar{x} = 4$, в зависимости от учета и без учета сжимаемости среды. Из рисунков следует, что учет сжимаемости среды приводит к сужению ширины зоны смещения, увеличению продольной скорости чем без учета сжимаемости среды.

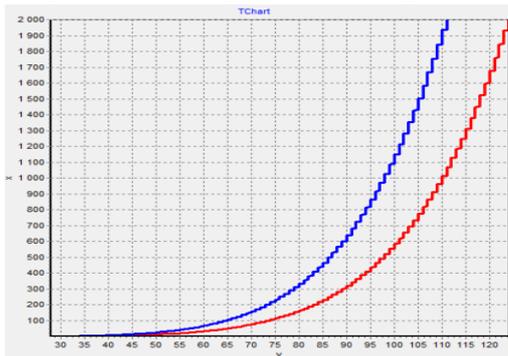


Рис.1.

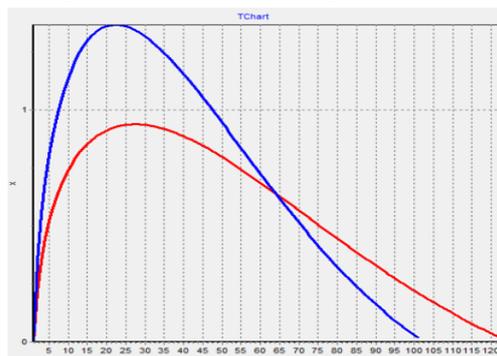


Рис.2.

Синий – с учетом сжимаемости среды, красный-без учета сжимаемости среды.

На рис.3 приведена распределение полной энергии вблизи источника тепла, когда среда является воздухом. Видно, что по мере продвижения вверх зоны распределения расширяется.

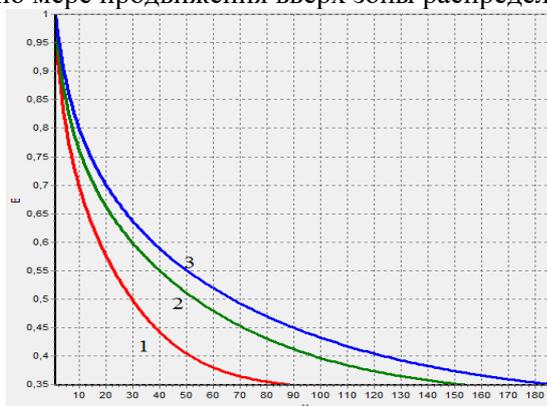


Рис.3. Расширение зоны полной энергии по оси при $Pr=0,5$.

1 – $\bar{x} = 5$; 2 – $\bar{x} = 20$; 3 – $\bar{x} = 50$.

Таким образом, математический модель описывает физики процесса, в частности, при учете сжимаемости с повышением температуры уменьшается плотность среды(воздуха в нашем случае), что приводит к сужению ширины зоны смещения, тем самым увеличению продольной скорости.

Литература

1. Постановление Президента Республики Узбекистан “Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии”. г. -Ташкент, 22 августа 2019 г. № ПП-4422// <http://www.lex.uz/docs/-3512871>.
2. Dally J.W., Lall P., Suhling J.C. Mechanical design of electronic systems. Knoxville, TN USA: College House Enterprises, LLS, 2008. 664 p.
3. Samadiani E., Joshi Y., Mistree F. The thermal design of a next generation data center: a conceptual exposition. // J. Electron. Packag. 2008. Vol. 130, No. 4. P. 1104–1112.

4. Kim Y.K., Lee K.H., Kim H.R. Cold neutron source at KAERI, Korea // *J. Nuclear Engng and Design*. 2008. Vol. 238, No. 7. P. 1664–1669.
5. Karthikeyan S., Sundararajan T., Shet U.S.P., Selvaraj P. Effect of turbulent natural convection on sodium pool combustion in the steam generator building of a fast breeder reactor // *J. Nuclear Engng and Design*. 2009. Vol. 239, No. 12. P. 2992–3002.
6. Rodriguez I., Castro J., Perez-Segarra C.D., Oliva A. Unsteady numerical simulation of the cooling process of vertical storage tanks under laminar natural convection // *Inter. J. of Thermal Sci.* 2009. Vol. 48, No. 4. P. 708–721.
7. Lin W., Armfield S.W. Direct simulation of natural convection cooling in a vertical circular cylinder // *Inter. J. of Heat and Mass Transfer*. 1999. Vol. 42. P. 4117–4130.
8. Palani G., Kumar E.J.I., Kim K.-Y. Free Convection Effects on a Vertical Cone with Variable Viscosity and Thermal Conductivity. // *Прикладная механика и техническая физика*. Издательство Сибирского отделения РАН. Том-57, № 3, 2016. С. 96-107.
9. Jumayev J., Shirinov Z., Kuldashev H. Computer simulation of the convection process near a vertically located source. International conference on information Science and Communications Technologies (ICISCT) 4-6 november. 2019. -Tashkent. // <https://ieeexplore.ieee.org/document/9012046/>
10. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: “Дрофа”, 2003. -840 с.
11. Гебхард Б., Джалурия И., Махаджан Р., Самакия Б. Свободно конвективные течения, тепло – массообмен. В 2 – х книгах. Книга 1. -М.: “Мир”, 1991. -678 с.
12. Вабищевич П.Н. Численные методы. Вычислительный практикум. –М.: “Ленанд”, 2016. -320 с.
13. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов. -М.: “Высш.шк.”, 2002. - 840 с.