AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

BAKI DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazma hüququnda

SEVİNC SABİR qızı HADIYEVA

DİSPERS SİSTEMLƏRDƏ İSTİLİK PROSESİNİN RİYAZİ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

1211.01 – Diferensial tənliklər

Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi

almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI-2018

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin “Riyazi analiz və funksiyalar nəzəriyyəsi” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:	Texnika elmlər doktoru, prof. **Rasim Ş. İsmayılov**
	Riyaziyyat elmləri doktoru, prof. **Polad F.Qəhrəmanov**
Rəsmi opponentlər:	Riyaziyyat elmləri doktoru, prof. **Nihan Ə.Əliyev**
	Fizika-riyaziyyat elmləri namizəd, dos. **Elçin M.Məmmədov**
Aparıcı təşkilat:	Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti (“Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası” kafedrası)

Dissertasiya işinin müdafiəsi 25 sentyabr 2018-ci il tarixində saat 14^{00}-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdindəki FD.02.016 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1148, Bakı şəhəri, Z. Xəlilov küç., 23, Bakı Dövlət Universiteti

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 29 iyun 2018-ci il tarixində göndərilmişdir.

FD 02.016 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi: **dosent A.T.Əfəndiyeva**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Dissertasiya işi sənayenin müxtəlif sahələrində, o cümlədən istilik energetikasında, geniş tətbiq sahəsinə malik olan istilik-kütlə mübadiləsi ilə baş verən hidrodinamik proseslərin riyazi modelləşdirilməsinə həsr olunmuşdur.

Bu tip məsələlər neft, qaz və digər məhsulların borularla axıdılması, neft və qaz quyularının qazılması zamanı hidrodinamik müqavimətin azaldılması, texnoloji qurğularda və aparatlarda istilik-kütlə daşınmasının sürətləndirilməsi, enerji, uçuş aparatları, daxiliyanma mühərriklərinin və s. elementlərinin istilikdən qorunması və digər problemlərin həlli zamanı ortaya çıxır. İkifazalı sistemlərin hidrodinamikasının riyazi modellərində mühitin həm daxili, həm də xarici fazalar arası keçidləri nəzərə aldıqda axının hidrodinamik parametrləri nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişir. Belə axınlara hesablama və modelləşdirmə məsələlərinin bir çoxunda, o cümlədən istilikmübadilə kollektorlarında, neft və qaz borularının paylanmasında, sərhəd layının dinamikasında və s. rast gəlmək olur.

Xarici istilik-kütlə mübadiləli ikifazalı sistemlərin dəqiq riyazi modelinin olmaması bir çox texnoloji qurğuların və aparatların optimallaşdırılması işini gecikdirir.

Bütün bunlar dissertasiyanın mövzusunun aktuallığını göstərir. Dissertasiya nəzəri və praktiki nəticələrə əsaslanaraq, xarici istilik-kütlə mübadiləli bir və ikifazalı sistemin hidrodinamikasının riyazi həllinə imkan verir.

Dissertasiya işinin məqsədi xarici istilik-kütlə mübadiləsini nəzərə almaqla ikifazalı dispers sistemlərdə hidrodinamik və istilik-kütlə mübadiləsinin nəzəri əsaslarının, riyazi modellərinin, ədədi həll üsullarının və onların kompüterdə realizasiyası üçün alqoritm sxemlərinin işlənilib hazırlanmasından ibarətdir. Bu məqsədlə aşağıdakı tədqiqat məsələləri tərtib olunmuşdur; həm daxili, həm də xarici istilik-kütlə mübadiləsini nəzərə almaqla ikifazalı dispers sistemlərin hərəkətinin ümumi tənliyinə baxılmış, sorulması olan fırlanan cismin dinamik və istilik sərhəd təbəqəsinin, eninə səs rəqsləri sahəsində konvektiv istilik mübadiləsinin, dəyişkən köçürmə əmsallı qeyri-bircins mühitdə istilikkeçirmə və kollektor istilik mübadiləsi aparatlarının hidrodinamikasının hesablanması üçün düstur tərtib etmək; bütöv mühitdə konvektiv istilik-kütlə mübadiləsi, şırnaqlı axın və sərhəd təbəqəsinin tənliklərinin həlli üçün ədədi üsulları tədqiq etmək, ədədi eksperimentlər aparmaq.

Elmi yeniliklər.

1. Sorulması olan fırlanan cismin dinamik və istilik sərhəd təbəqəsinin hesablanması üçün düsturlar alınmışdır;
2. Eninə səs rəqsləri sahəsində konvektiv istilik mübadiləsinin hesablanması üçün düsturlar alınmışdır;
3. Dəyişkən köçürmə əmsallı qeyri-bircins mühitdə istilik-keçirmə və kollektor istilik mübadiləsi aparatlarının hidrodinamikasının hesablanması üçün düsturlar alınmışdır;
4. Konvektiv istilik-kütlə mübadiləsi və sərhəd təbəqəsi tənliklərinin ədədi həll üsulları işlənib hazırlanmışdır.

İşin nəzəri və praktik əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, dissertasiyanın nəticələri istilik-kütləmübadiləli bir və ikifazalı sistemlərin hidrodinamikasının tətbiqi məsələlərini kompleks şəkildə həll etməyə imkan verir. Alınmış riyazi modellər və ədədi həll üsulları texnoloji təchizat elementlərində bir və ikifazalı tam mühitlərin hesablanması və analizində istifadə oluna bilər. Dissertasiyanın daha bir praktik əhəmiyyəti, ikifazalı axın üçün alınmış riyazi modellərə və diferensial tənliklərə əsaslanaraq müxtəlif (hamar, oxa görə simmetrik, düz xətli, tərs) məsələləri həll etmək mümkündür.

İşin aprobasiyası: Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı konfrans və simpoziumlarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

1. Материалы VIII международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ 2012), Москва, 2012.
2. Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 2. Материалы VII Международного симпозиума. Москва, 2012,
3. "Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları" II Respublika Elmi Konfransının materialları, Sumqayıt, 2012.
4. Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 2. Материалы VIII Международного симпозиума. Москва, 2013,
5. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2013.
6. Материалы XIX международной конференции повы-числительной механике и современным прикладным програмным системам (ВМСППС 2015), Алушта, 2015.

7. SDU və AMEA informasiya texnologiyaları institutu, Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika elmi konfransının materialları, Sumqayıt, 2016.

8. Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики, Дагестанский Государственный Университет, Махачкала, 2017.

Dissertasiyanın həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi girişdən, 3 fəsildən, nəticədən və 121 adda ədəbiyyat siyahısından olmaqla 127 səhifədən ibarətdir.

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiyanın əsas nəticələri 15 elmi işdə nəşr olunmuşdur. Onlardan 7–i məqalə, 8-si tezisdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, ikifazalı mühitin hərəkətinə həsr olunmuş mövcud işlər araşdırılmış, dissertasiyanın mövzusuna yaxın olan əsas işlərin xülasəsi verilmiş, baxılmış məsələlər təhlil edilmişdir.

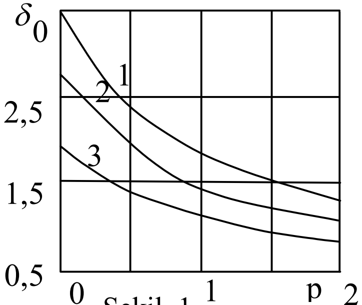
Birinci fəsildə bütöv mühitlərdə istilik-kütlə dəyişməsi məsələlərinin analitik həlli verilmişdir.

1.1 yarımfəslində fırlanan və sorulması olan cismin dinamik və istilik sərhəd qatlarına baxılmışdır.

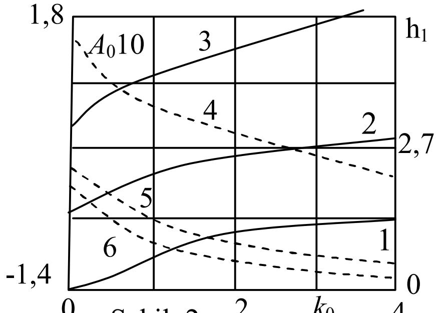
Cismin səthindən mayenin axması istilik-kütlə mübadiləsi prosesinin indentifikasiyası üçün sərhəd qatın idarə olunması, dağılması, sürtünmə müqavimətinin azalması və axının dayanıqlığının artmasının effektiv vasitəsidir. Məsələ səthindən maye axan, fırlanan diskin qalınlığı üzrə sərhəd qatında ox simmetriyası olan selin hərəkət tənliklərində qeyri-xətti hədlərin ortalaşdırılması üsulu ilə həll olunur. Eyni zamanda burada temperaturu diskin temperaturundan fərqlənən mühitlə istilik mübadiləsi prosesi də öyrənilir.

Teorem 1.1. Əgər $Pr=\nu/\chi$ və $k_0 = k(\nu\omega)^{1/2}$ olarsa, onda böyük sormalarda, k_0=1;2 qiymətlərindən başlayaraq *Nu* (Nusselta) ədədi $Nu=\mathrm{Pr}k_0$ asimptotikasına çatar, burada $\nu = \eta / \rho$–kinematik özlülük,η-dinamik özlülük əmsalı, χ-istilikköçürmə əmsalı, ω-fırlanan diskin bucaq sürəti, *k*-fırlanan diskin səthinin sorma sürəti, $k_0 = k(\nu\omega)^{1/2}$-sorulma parametridir, $Pr=\nu/\chi$-Prandtl ədədidir.

Hidrodinamik və istilik qatının qalınlığını hesablamaq üçün müəyyən düsturlar alınmışdır, hesablamanın nəticələri şəkil 1 və 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 1



Şəkil 2

Şəkil 1-də sorma parametrinin $\kappa_0 = 0;1;4$ qiymətləri üçün δ_0 sərhəd qatının qalınlığının potensial selin p nisbi intensivliyindən asılılığı göstərilmişdir (1-3 əyriləri). Şəkil 2-də p=0 olduqda qırıq xətlərdə istilik sərhəd təbəqəsinin $h_1 = h_0 / \Pr$ qalınlığının k_0-sorma parametrdən və Pr=1,5,10 Prandtl ədədindən asılılığı verilmişdir (4-6 əyriləri). $p=0$ olduqda Nu Nusselta ədədinin k_0-sorma parametrinin müxtəlif qiymətləri və $\Pr = 1;5;10$ ədədləri üçün hesablanmış nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

k_0 və Pr -nin müxtəlif qiymətlərində Nu -nun hesablama nəticələri

Pr	$\kappa_0 = 0$	0,50	1,0	2,0	3,0	4,0
1	0,415(0,396)	0,717	1,113	2,031	3,012	4,006
5	0,850	2,693	5,065	10,013	15,005	20,002
10	1,120(1,134)	5,137	10,039	20,007	30,003	40,001

Deməli, belə nəticəyə gəlmək olar ki, sorulma böyük olduqda, k_0=1;2-dən başlayaraq Nu ədədinin qiyməti Nu=Prk_0 assimptotikasına çatır.

1.2 yarımfəslində eninə akustik rəqs meydanında konvektiv istilik mübadiləsinin araşdırılmasına həsr edilmişdir.

Hamar uzun kanallarda əsas axına perpendikulyar $w = B\cos(Z/2)\cos\omega t$ səs meydanı götürülür və özlü mühitin axmasında istilik-kütlə mübadilə prosesinə eninə akustik rəqs rezonansının təsiri məsələsi həll edilir. Burada B -sürət pulasiyasının amplitudu, $Z = 4\pi z/\lambda$; z -koordinat; $\lambda;\omega$ -dalğa uzunluğu və məcburi rəqs pulsariyasının tezliyidir.

Teorem 1.2. Əgər qoyulan akustik həyacan yüksək keyfiyyətlidirsə, yəni $M_0 = u_0 / c << 1,\quad M_1 = B / c << 1$ və $\delta_1 / h << 1$ şərtləri ödənərsə, onda eninə kanalın kəsiyinin xarici oblastı üçün hərəkət tənliyi

$$\rho_0 \frac{\partial w_1}{\partial t} + \frac{\partial P_1}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial w_1}{\partial z} = 0, \tag{1}$$

daxili oblast üçün hərəkət tənliyi

$$\rho_0 \frac{\partial w_1}{\partial t} = -\frac{\partial P_1}{\partial z} + \mu \frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial \upsilon_1}{\partial z} + \rho_0 \frac{\partial w_1}{\partial z} = 0, \tag{2}$$

şəkilində vermək olar.

Özlü sıxılmayan mühitin hərəkət tənliklərindən istifadə olunmuşdur. Axtarılan kəmiyyətlər qərarlaşan və pulsiv toplananların cəmi kimi göstərilmişdir:

$$\begin{gathered} U = U_0(y) + U_1(r,t) + \ldots,\ \rho = \rho_0(y) + \rho_1(r,t) + \ldots, \\ \rho = \rho_0(x) + \rho_1(r,t) + \ldots,\ T = T_0(y) + T_1(r,t) + \ldots \end{gathered}.$$

İlkin kəmiyyətləri, stasionar və pulsasiya komponentlərinin cəmi şəklində göstərərək və onları özlü mühitin hərəkət tənliyində nəzərə alaraq, istilikmübadilə əmsalını təyin etmək olar:

$$Nu = 0{,}678 Pe^{1/3} \xi^{-1/3} \left[1 - \frac{1}{12} E\xi (3\cos Z - 1) + O\left((E\xi)^2 \right) \right]. \tag{3}$$

Əgər səs sahəsi təsir etmirsə (E=0), (3) münasibəti $Nu = 0{,}678 Pe^{1/3} \xi^{-1/3}$ şəklinə düşür. Yəni müstəvi kanalda mühitin stasionar axını üçün istilikmübadiləsi prosesini təsvir edən dəqiq həlli olur. Alınan ifadələrdən istifadə edərək, turbulentlik daxilində $(0 \le Z \le \pi/4)$ istilikmübadilə əmsalının orta qiymətini hesablayıb, onların nisbətini taparaq görmək olar ki, səs sahəsinin aşağı intensivliklərində istilkmübadiləsinin azalması çox kiçikdir. İntensivlik güclü olduqda səs sahəsinin təsiri müsbət effekt verir.

1.3 yarımfəslində istilik-keçirmə məsələsi köçürmə əmsalları dəyişən olduqda həll edilmişdir. Qeyri-bircins Ω mühitində istilikfiziki parametrlərin koordinatlardan asılı olaraq dəyişdiyi halda istilik-keçirmənin sərhəd məsələsinə baxılmışdır.

Teorem 1.3. Əgər $\Omega(0 \le x \le l)$, $c\rho = const$, $\lambda = \lambda_0 \exp(-kx)$ və q=0 götürsək, onda daxili enerjinin tənliyini (istilik-keçirmə tənliyi) aşağıdakı şəkildə vermək olar:

$$c\rho\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_0 e^{-kx}\frac{\partial T}{\partial x}\right). \qquad (4)$$

$$T(0,t)=0,T(l,t)=\varphi,T(x,0)=0$$

birqiymətlilik halında tənliyin təqribi həli Laplas təsviri əsasında aşağıdakı funksiyalar ailəsindən tapılır:

$$T_n^*(x,s)=\frac{e^{kx}-1}{e^{kl}-1}\varphi^*(s)+\sum_{i=1}^{n}a_n^*(s)\left(1-\frac{x}{l}\right)\left(\frac{x}{l}\right)^i. \qquad (5)$$

Sərhəd şərti sabit olduqda $\varphi(t)=T_c=const$ bu həll birinci yaxınlaşmada

$$\frac{T(x,F_0)}{T_0}=\frac{e^{kx}-1}{e^{kl}-1}+\left(1-\frac{x}{l}\right)\left(\frac{x}{l}\right)\exp[-B(\alpha)F_0], \qquad (6)$$

şəklinə düşür. Burada $F_0=a_0t/l^2$, $B(\alpha)=30(b-e^{-\alpha}b)/\alpha^3$, $b=\alpha^2-4\alpha+8$, $\alpha=kl$.

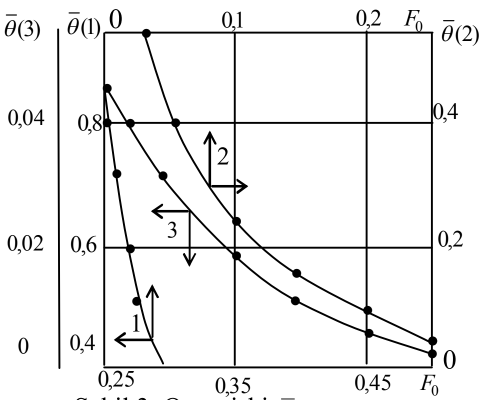
Lopital qaydası ilə limiti hesablasaq $\lim\limits_{\alpha\to 0}B(\alpha)=10$, $\lim\limits_{k\to 0}\frac{e^{kx}-1}{e^{kl}-1}=\frac{x}{l}$ olar. Onda (6) həlli $k\to 0$-da

$$\frac{T(x,F_0)}{T_c}=\frac{x}{l}+\left(1-\frac{x}{l}\right)\left(\frac{x}{l}\right)\exp(-10F_0) \qquad (7)$$

şəklində olar.

Buradan görünür ki, α→0 (kl≤0,1) şərtində (6) təqribi həlli praktiki olaraq sabit əmsallı ötürmədə lövhə üçün dəqiq həll ilə üst-üstə düşür. (6) həlli F_0→∞ şərti daxilində uyğun stasionar məsələnin dəqiq həllinə yaxınlaşır.

Həmçinin burada qeyri-məhdud lövhə $\Omega(-R\le x\le R)$ və silindr $\Omega(x^2+y^2\le R^2)$ üçün $\lambda=\lambda_0e^{kr}$ olduqda məsələlər həll edilmişdir.



Şəkil 3. Orta nisbi $\bar{\theta}(1)$ temperaturu və F_0 ədədinin asılılıq qrafiki

Alınmış həllin məlum dəqiq həll ilə müqayisəsi şəkil 3-də verilmişdir. Tədqiqat onların tamamilə eyni, adekvat olduğunu göstərmişdir.

Beləliklə, nəticələr göstərir ki, ötürmə əmsalları dəyişkən olduqda bir və çox ölçülü cisimlərdə istiliyin ötürülməsini öyrənmək olar.

İkinci fəsildə kollektorlu istilikmübadiləli sistemlərin qurulmasında təzyiqin çox az dəyişməsində mühitin axınının paylanma qanunauyğunluğu üçün riyazi düsturlar alınmışdır.

2.1 yarımfəsilində kollektor cihazlarında istilik-kütlə mübadiləsinin hidrodinamikasına baxılmışdır. İstilikmübadilə yaxud paylayıcı qurğusu olan kollektor tipli cihazlara elə aparatlar aiddir ki, onlar (yarıq, deşik və s.) keçirici səth boyu axını paylamaq üçün kollektorlarla təchiz olunmuşlar.

Bu sinif istilikmübadilə cihazlarının xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, istilikdaşıyıcılarının hərəkəti zamanı kütlənin ayrılması və ya birləşməsi nəticəsində əsas axının sərfi dəyişir.

Kollektor sistemlərinin qurulmasında əsas problem təzyiq çox az aşağı düşdükdə paralel kanallar arasında mühitin axınının paylanmasının müəyyən qanunauyğunluğunu təmin etməkdir. Riyazi olaraq bu məsələ mayenin xarici mühitlə kütlə mübadiləsi olan kanallarda (borularda) axmasının qanunauyğunluqlarının öyrənilməsinə gətirilir, yəni burada xarici kütlə mübadiləsi nəzərə alınan hərəkət tənlikləri tətbiq olunur.

Birölçülü axına baxmaqla xarici kütləmübadiləsini nəzərə alan

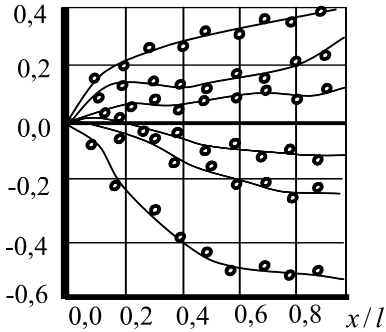
$$-dy = (2\alpha_0 - k)\frac{16QdQ}{g\pi^2 D^4} + \left(\lambda_n + \frac{A(\pi D\nu/4)^m}{Q^m}\right)\frac{8Q^2}{g\pi^2 D^5}dx \qquad (8)$$

tənliyi alınmışdır. Burada $dQ = -q_0 dx;\ q_0 = Q_n / l = (Q_0 - Q_T)/l;\ Q_0, Q_n, Q_T$ - başlanğıc, yol və tranzit sərfləri, α_0-axının en kəsiyi üzrə qeyri-müntəzəm paylanmanı xarakterizə edən əmsal, Q axının x bitkisinə sərfi; $k = \upsilon_x / \upsilon$, D-borunun diametri, λ_n-sürtünmə əmsalıdır və nüfuz etmə dərəcəsindən asılıdır; $\lambda_n = 0{,}0106\varphi^{0{,}413}; \varphi = nd_0^2 / 4Dl, d_0, n$-diametr və dəliklərin sayı, l-borunun perforasiya olunmuş hissəsinin uzunluğu, $y = z + p/\gamma$, z-həndəsi hündürlük, p/γ-metrik hündürlükdür. (8) tənliyini $(0,x)$ intervalında inteqrallamaqla, müxtəlif müqavimətli zonalarda sərfi kəsilməz paylayan kollektor boyunca təzyiqin dəyişməsini təyin etmək üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$2g(y_x - y_0)/v_0^2 = (2\alpha_0 - k)(1 - z_x^2) - \frac{\lambda_0 Q_0}{3Qq_0}(1 - z_x^3) - \frac{A(\pi D\nu/\varphi)^\nu Q_0^{1-m}}{(3-m)Dq_0}(1 - z_{x^{3-m}}). \qquad (9)$$

Burada $z_x = 1 - \alpha x$, $\alpha = \left(1 - Q_T / Q_0\right) \backslash l$. Uyğun hesablamalar apardıqda A və m kəmiyyətlərinin qiymətləri müqavimət zonasından asılı olaraq təyin olunur, $\alpha_0 \approx 1{,}03 - 1{,}1$. Verilmiş eksperimental tədqiqatda $k = 0{,}98\left(1 - Q_T / Q_0\right)^{0,39}$.

(9) düsturuna əsasən alınmış nəticələrin təcrübələrin nəticələri ilə müqayisəsi (şəkil 4), tamamilə qane edici yığılmanı göstərir (orta xəta 5%-i aşmır). Ona görə də (9) düsturunu kollektorlu istilik-kütlə mübadilə aparatlarının praktik hesablaması üçün təklif etmək olar. Başqa sözlə bu düsrutu yol boyunca sərfin kəsilməz şəkildə paylanmasına malik mühitin turbulent axını zamanı nüfuz edən divarları olan kollektorlu sistemlərin hesablanması üçün istifadə etmək mümkündür.



Şəkil 4. İtki paylanmasının boru boyunca təzyiqinin dəyişməsi.

2.2 yarımfəslində keçirici divarları olan kollektor sistemlərinin hidrodinamika məsələsinə baxılmışdır.

Keçiricidivarlı (məsaməli, dəlikli və kəsikli) kollektor sistemləri texnikada geniş və müxtəlif ünvanlarda istifadə olunur (energetikada, aqrotexnikada, qazma işlərində, neft və qazın borularla nəqlində). Keçirici divarlı kollektor sistemlərinin xarakterik xüsusiyyəti onların daxilində mayenin hərəkət yolunda kütlənin artıb (üfürmə ilə) və ya azalmasından (sorulma ilə) asılı olaraq əsas axının sərfinin dəyişikliyinin baş verməsidir. Hesab edilir ki, kollektorun uzunluğu boyunca sərfin paylanması və ya birləşməsi kəsimlər, kollektorun yan səthində quraşdırılmış dəliklər vasitəsilə həyata keçirilir. Bu məsələnin həllində dəyişən kütləli mühitin axın dinamikasının

$$-dP = \left(2\alpha_0 - k_0\right)\rho c dc + \frac{\lambda}{D}\frac{c^2}{2}\rho dx \tag{10}$$

diferensial tənliyində istifadə edərək nyuton mühitinin laminar axını üçün

$$P_x = P_H - \left[(2\alpha_0 - k_0) + \frac{32\nu}{\alpha_* c_H D^2}\right]\left(z_*^2\right)\rho\frac{c_H^2}{2} \tag{11}$$

düsturu alınmışdır.

Bu düstur sabit kəsikdə kollektor boyunca özlü sıxılmayan nyuton mayesinə birləşən (üfürmə ilə) laminar axın fərqinin təzyiqinin dəyişməsini təyin etməyə imkan verir.

Müəyyən hesablamalar nəticəsində alınmışdır ki, qeyri-nyuton mayesinin laminar axının sıxlmayan dərəcəli mayedə sərfin (sorma vasitəsilə) paylanması zamanı sabit kəsikli düzxətli kanalda təzyiqin dəyişməsi

$$P_x = P_H + \left[(2\alpha_0 - k_0)(1 - z^2) - \frac{32\left[\frac{k}{8\rho}\left(\frac{6n+2}{n}\right)\right]^{\Pi}}{\alpha\,(1+n)\,D^{1+\Pi} c_H^{2-\Pi}} \left(1 - z^{1+\Pi}\right) \right] \rho \frac{c_H^2}{2}, \quad (12)$$

düsturu ilə, birləşmə (üfürmə vasitəsilə) isə

$$P_x = P_H + \left[(2\alpha_0 - k_0)(z_*^2 - 1) + \frac{32\left[\frac{k}{8\rho}\left(\frac{6n+2}{n}\right)\right]^{\Pi}}{\alpha_*\,(1+n)\,D^{1+\Pi} c_H^{2-\Pi}} \left(z_*^{1+\Pi} - 1\right) \right] \rho \frac{c_H^2}{2}, \quad (13)$$

düsturu vasitəsilə hesablamaq olar.

Nyuton mühitində turbulent axını zamanı sərfin (sorma ilə) paylanmasında təzyiqin dəyişməsini

$$P_x = P_H + \left[(2\alpha_0 - k_0)(1 - z^2) - \frac{a\nu^{в}}{2\alpha(3-в)D^{1+в} c_H^{в}} \left(1 - z^{3-в}\right) \right] \rho \frac{c_H^2}{2} \quad (14)$$

düsturu ilə, sərfin (üfürmə ilə) birləşməsində paylanma təzyiqini isə

$$P_x = P_H - \left[(2\alpha_0 - k_0)(z_*^2 - 1) + \frac{a\nu^{в}}{\alpha_*(3-в)D^{1+в} c_H^{в}} \left(z_*^{3-в} - 1\right) \right] \rho \frac{c_H^2}{2} \quad (15)$$

düsturu ilə hesablamaq olar.

Qeyri-nyuton mühitində turbulent axını zamanı sərfin (sorma ilə) paylanması təzyiqini

$$P_x = P_H - (2\alpha_0 - k_0)(1 - z^2)\rho \frac{c_H^2}{2} - \frac{a_*\left[\frac{k}{8\rho}\left(\frac{6n+2}{n}\right)^{\Pi}\right]^{в_*} \rho c_H^{e}}{2\alpha(e+1)D^{1+\Pi в_*}} \left(1 - z^{e+1}\right) \quad (16)$$

düsturu ilə, birləşmə (üfürmə ilə) sərf üçün isə təzyiqi

$$P_x = P_H - (2\alpha_0 - k_0)(z_*^2 - 1)\rho \frac{c_H^2}{2} - \frac{a_*\left[\frac{k}{8\rho}\left(\frac{6n+2}{n}\right)^{\Pi}\right]^{в_*} \rho c_H^{e}}{2\alpha_*(e+1)D^{1+\Pi в_*}} \left(z_*^{e+1} - 1\right) \quad (17)$$

düsturu ilə hesablamaq olar.

2.3 yarımfəslində kanalda qeyri-stasionar kütləmübadiləli məsələsinin həllinə baxılmışdır. Hamar paralel kanal daxilində sabit istilikfiziki xassəli və özlü maye axınına baxılır. İlk hərəkət edən maye və kanalın divarları sabit T_i temperaturasına malikdir. Müəyyən zaman keçdikdən sonra xaricdən kanalı əhatə edən temperatur T_i–dən T_k -ya qədər pilləvari sıçrayışla dəyişməyə başlayır. Kanalın divarları və mayenin kanal boyunca, istilikkeçirməsini nəzərə almırıq, belə ki, kanalın divarlarındakı y oxu istiqamətində temperatur sabit hesab olunur. Bu şərtlər daxilində və sıxlığın inkişafı profilində daxili enerjinin saxlanmasının birölçülü tənliyini xarici kütləmübadiləsi olmadıqda aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u(y)\frac{\partial T}{\partial x}=\alpha\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}. \tag{18}$$

Başlanğıc və sərhəd şərtləri

$$t=0,\quad x>0,\quad 0<y<R,\quad T=T_i;$$
$$x=0,\quad t>0;\quad 0<y<R,\quad T=T_i;$$
$$y>R,\quad x>0,\quad t>0,\quad \frac{\partial T}{\partial y}=0$$

şəklindədir.

Birinci zaman intervalı Furye ədədinə görə $F_0<2x/3$ bərabərsizliyi ilə təyin olunan birinci interval zamanı üçün

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial Y^2}=\frac{\partial\varphi}{\partial F_0}, \tag{19}$$

$$\varphi(0,X,Y)=0,\quad \varphi(F_0,X,\infty)\to 0, \tag{20}$$

$$Y=0, X>0,\quad F_0>0,\quad S(1-\varphi)=-\frac{\partial\varphi}{\partial Y}+\frac{1}{\overline{a}}\frac{\partial\varphi}{\partial F_0}. \tag{21}$$

Sərhəd məsələsinə

$$\overline{\varphi}(Y)=L_{F_0\to P}\varphi(F_0,Y)=\int_0^\infty \varphi e^{-PF_0}dF_0,$$

Laplas çevirməsini tətbiq edib müəyyən çevirmələr aparsaq aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\varphi_\omega=1-\frac{1}{2}\left[e^{\sigma_1 F_0}erfc\left(\sqrt{\sigma_1 F_0}\right)\left(1-\frac{1}{\sqrt{1-A}}\right)+e^{\sigma_2 F_0}erfc\left(\sqrt{\sigma_2 F_0}\right)\left(1+\frac{1}{\sqrt{1-A}}\right)\right], \tag{22}$$

$$q_\omega = k(T_L - T_i)\left[\frac{e^{\sigma_1 F_0} erfc\left(\sqrt{\sigma_2 F_0}\right) - e^{\sigma_1 F_0} erfc\left(\sqrt{\sigma_1 F_0}\right)}{\sqrt{1-A}}\right], \tag{23}$$

əgər $A = 4S/\overline{a} = 1$

$$\varphi_\omega = 1 - \overline{a}\sqrt{F_0/\pi} + \frac{1}{2}\left[\overline{a}^2 F_0 - 2\right] e^{\left(\overline{a}^2 F_0\right)/4} erfc\left[\frac{\overline{a}}{2}\sqrt{F_0}\right], \tag{24}$$

$$q_\omega = k(T_L - T_i)\left[2\overline{a}\sqrt{F_0/\pi} - \overline{a}^2 F_0 e^{\left(\overline{a}^2 F_0\right)/4} erfc\left[\frac{\overline{a}}{2}\sqrt{F_0}\right]\right], \tag{25}$$

$$\varphi_\omega = 1 - \left\{\operatorname{Re} W\left[\overline{a}\sqrt{F_0/\pi}\left(\sqrt{A-1}+i\right)\right] + \frac{\operatorname{Im} W\left[\overline{a}\sqrt{F_0/\pi}\left(\sqrt{A-1}+i\right)\right]}{\sqrt{A-1}}\right\}, \tag{26}$$

$$q_\omega = \frac{2k(T_L - T_i)}{\sqrt{A-1}} \operatorname{Im} w\left[\overline{a}\sqrt{F_0/4}\left(\sqrt{A-1}+i\right)\right], \tag{27}$$

(22)-(27) ifadələrini

$$\varphi_\omega = 1 - e^{S^2 F_0} erfc[S\sqrt{F_0}], \tag{28}$$

$$q_\omega = k(T_L - T_i) e^{S^2 F_0} erfc[S\sqrt{F_0}] \cdot \tag{29}$$

(28), (29) vasitəsilə $A = 4S/\overline{a}$ parametrinin ixtiyari mümkün qiymətlərində kanalın başlanğıc istilik hissəsində qeyri-stasionar qoşma istilikvermə məsələsinin dəqiq analitik həllini verir.

Üçüncü fəsildə konvektiv istilik-kütlə mübadiləsini hesablamaq üçün ədədi üsulların köməyi ilə həlllər verilmişdir. Burada mümkün mənbələr, axarlar və istilik-keçirməsi olan bütöv mühitin birölçülü axını zamanı istiliyin konvektiv köçürülməsi məsələləri sonlu fərqlər üsulu ilə həll edilmişdir.

3.1 yarımfəslində xarici kütlə mənbəli iki ölçülü sıxılmayan mayenin axınına baxılmışdır. Bu prosesi kəsilməzlik tənliyi

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \upsilon}{\partial y} = f(x, y) \tag{30}$$

və hərəkət tənliyi

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial y} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + f(x, y) \tag{31}$$

təsvir edir. (30), (31) sisteminin həlli $x \geq 0,\ 0 \leq y \leq h$ oblastında x=0 olanda

$$u|_\Gamma = \varphi(x), \tag{32}$$

y=0 və y=h olanda v=0 sərhəd şərtini ödəyir.

(30), (31) tənliklərini $x_i = ih,\ y_j = j\ell,\ i,j = 0,\pm1,\pm2,...,$ düyün nöqtələrində aşağıdakı kimi approksimasiya edək

$$\begin{aligned} Ru_j^n \equiv u_j \frac{u_j^{i+1} - u_j^n}{\Delta x} + v_j^n \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2\Delta y} = u_j^n \frac{u_{j+1}^{n+1} - u_{j-1}^n}{\Delta x} + \\ + \frac{v}{(\Delta y)^2}\left(u_{j+1}^n - 2u_j^n + u_{j-1}^n\right) + f_n + O(\Delta x) + O(\Delta y)^2, \end{aligned} \tag{33}$$

$$\tilde{R}u_j^n \equiv \frac{v_j^{n+1} - v_j^n}{\Delta y} + \frac{u_j^{n+1} + u_{j-1}^{n+1} - u_j^n - u_{j-1}^n}{2\Delta x} = f_n + O(\Delta x) + O(\Delta y)^2, \tag{34}$$

və onları

$$Su_j^n \equiv A(t)u_j^n(t) - \sum_{\xi \in Ш'(t)} B(t,\xi)u_j^n = f_h\ , \tag{35}$$

$$u_j^n\Big|_{\Gamma_h} = \varphi\,, \tag{36}$$

kimi yazaq, burada

$$\begin{aligned} &A(t) > 0, \quad B(t,\xi) > 0, \quad t \in D_h, \quad \xi \in Ш'(t) \\ &D(t) = A(t) - \sum_{\xi \in Ш'(t)} B(t,\xi) \ge 0 \end{aligned} \tag{37}$$

(30)-(31) məsələsinin fərqlər analoqu yazılmış, maksimum prinsipi isbat edilmiş və yığılma sürəti göstərilmişdir.

Teorem 3.1. Tutaq ki, D_h– rabitəli oblastdır, $D_h' \subseteq D_h$ isə S operatorunun əmsalları (37) şərtini ödəyən D_h oblastının rabitəli alt oblastıdır. Əgər D_h oblastında verilmiş $u_j^n(t)$ şəbəkə funksiyası D_h oblastında sabit deyilsə və $Su_j^n(t) \le 0$ ($Su_j^n(t) \ge 0$) $t \in D_h'$ şərti ödənərsə, onda $u_j^n(t)$ funksiyası özünün müsbət maksimum (mənfi minimum) qiymətini D'_h oblastında ala bilməz.

Teorem 3.2. Əgər (30), (31), (32) məsələsinin həlli $u \in C^{(2)}(\overline{D})$ və (30) məsələsi OX oxu boyunca ödənərsə, onda (35), (36) məsələsinin həlli dəqiq həllə $O(h^2+l^2)$ tərtibdən müntəzəm yığılar.

Teorem 3.3. Tutaq ki, $D_h'^{+} = D_h^{+} \cup (AB)_h \cup \Gamma_h^{+}$, burada $(AB)_h$ OX oxu üzərindəki düyün nöqtələri çoxluğudur, D_h^+-rabitəli şəbəkədir, D_h^{+} üzərində $D(t)\ge 0$ və (37) şərti ödənir. Onda

$$R_h u_h = \widetilde{F}_h, \quad u_h / \Gamma_h^{+} = \overline{\psi}_h$$

məsələsinin yeganə həlli var və onun üçün aşağıdakı qiymətləndirmə doğrudur:

$$\max_{\overline{D}_h^+}|u_h(t)| \le \max_{\Gamma_h^+}|u_h| + \max_{\overline{D}_h'}|U|$$

burada $U(t)$-majorant funksiyadır və

$$SU(t) = F_n(t), \quad t \in D_n; \quad U \ge 0, \quad t \in \Gamma_n$$

$$\qquad\qquad\qquad\qquad 0 \qquad\qquad\qquad\qquad *$$

$$F_n(t) \ge |f_n(t)|, \quad t \in D_n; \quad F_n(t) \ge 0, \quad t \in Dn$$

məsələsinin həllidir.

Zeydel alqoritminə əsasən kompüterdə eksperiment aparılmış və nəticə cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2.

Dəqiq və təqribi həllərin müqayiyəsi

Düyün nöqtələri	Dəqiq həll	Təqribi həll (aşkar sxem)	Mütləq xəta
t=0.0575			
x_1	0.254660	0.25725	0.000065
x_2	0.415625	0.451787	0.000162
x_3	0.648201	0.648459	0.000258
x_4	0.844196	0.844552	0.000356
x_5	1.039415	1.039867	0.000452
x_6	1.233665	1.234212	0.000547
x_7	1.426756	1.427399	0.000643
x_8	1.618497	1.619235	0.000738
t=0.06			
x_1	0.257160	0.257128	0.000065
x_2	0.45125	0.454287	0.000162
x_3	0.650701	0.650959	0.000258
x_4	0.846696	0.847046	0.000350
x_5	1.041915	1.042367	0.000452
x_6	1.236165	1.236712	0.000547
x_7	1.429256	1.429899	0.000643
x_8	1.620997	1.621735	0.000738

3.2 yarımfəslində bütöv mühitin istilikköçürmə tənliyinin həlli üçün fərqlər sxeminə baxılmışdır.

Bu məsələ əsas və köməkçi şəbəkələrdə approksimasiya edilmiş approksimasiya xətası verilmiş, yığılma göstərir ki, ən yaxşı nəticə qeyri-aşkar sağ künc sxemdə alınmışdır.

Cədvəl 3

$t = 0{,}0525$ və t=0, 055 olanda ədədi eksperimentin nəticələri

	Dəqiq həll	Aşkar sxem	Mütləq xəta	Q-aşkar sxem sol künc	Mütləq xəta	Q-aşkar sxem sağ künc	Mütləq xəta
x_1	0,24966	0,247225	0,002435	0,249693	0,00003	0,249595	0,000065
x_2	0,44662	0,44678	0,000162	0,446706	0,0008	0,446512	0,000113
x_3	0,64320	0,64345	0,000258	0,643330	0,0001	0,643040	0,000161
x_4	0,83919	0,83955	0,000356	0,339374	0,0001	0,838986	0,000210
x_5	1,03442	1,03486	0,000547	1,228939	0,0002	1,228359	0,000306
x_6	1,22867	1,22921	0,000547	1,228939	0,0003	1,421403	0,000353
x_7	1,42176	1,42239	0,000643	1,422078	0,0003	1,421413	0,000353
x_8	1,61349	1,61423	0,000738	1,613866	0,0003	1,613097	0,000400

3.3 yarımfəslində intensivliyi $f(t,x)$ funksiyası ilə verilən istilikköçürmə, mənbə və ya şırnaqlı birölçülü mühitin konvektiv istilik köçürmə məsələsinə baxılmışdır:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - a\frac{\partial u}{\partial x} + bu + f(t,x) \text{ ,} \tag{38}$$

$$-\infty < x < +\infty, \quad 0 \le t \le T, \quad u(0,x) = \varphi(x)\,. \tag{39}$$

(38), (39) məsələsini əsas

$$x = x_0 + nh, t = m\tau, m, n = 0,1,2,...$$

və köməkçi

$$x = x_0 + nh, \quad t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\tau, \quad x = x_0 + \left(n + \frac{1}{2}\right)h, \quad t = m\tau$$

şəbəkələrində approksimasiya edilmiş

$$\frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\tau} = \nu\frac{u_{m+1}^n - 2u_m^n + u_{m-1}^n}{h^2} - a\frac{u_{m+1}^n - u_{m-1}^n}{2h} + bu_m^n + f_m^n$$

və $O(\tau, h^2)$ xətası hesablanmışdır.

Aparılan ədədi eksperimentin nəticəsi cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəl 4

$k = 0{,}65$ olanda ədədi eksperimentin nəticəsi

	Dəqiq həll	Təqribi həllər							
		Aşkar sxem	Mütləq xəta	Q-aşkar sxem sol künc	Mütləq xəta	Q-aşkar sxem sağ künc	Mütləq xəta	Laks sxemi	Mütləq xəta
u_1^1	0,24716	0,24723	0,00007	0,24719	0,00003	0,24710	0,00006	0,24958	0,00242
u_1^2	0,44413	0,44429	0,00016	0,44421	0,00008	0,44401	0,00011	0,44645	0,00232
u_1^5	1,03192	1,03237	0,00045	1,03214	0,00023	1,03166	0,00026	1,03395	0,00203
u_2^2	0,44663	0,44679	0,00016	0,44671	0,00008	0,44651	0,00011	0,44895	0,00232
u_2^4	0,83920	0,83956	0,00036	0,83937	0,00018	0,83899	0,00021	0,84132	0,00213
u_2^6	1,22867	1,22922	0,00055	1,22892	0,00027	1,22836	0,00031	1,23060	0,00193
u_2^8	1,61350	1,61424	0,00074	1,61387	0,00037	1,61310	0,00040	1,61524	0,00175

Eksperimentin nəticəsi yaxşı yığılmanın qeyri-aşkar sol küncdə alındığını təsdiq edir.

Sonda elmi rəhbər riyaziyyat elmləri doktoru, prof. P.F.Qəhramanov və texniki elmləri doktoru, prof. R.Ş.İsmayılova məsələlərin qoyuluşuna və dissertasiya işinə diqqətlərinə görə dərin minnətdarlığımı bildirirəm.

Dissertasiyanın əsas nəticələri müəllifin aşağıdakı elmi işlərində nəşr olunmuşdur:

1. Гахраманов П.Ф., Гадиева С. С. Разностные схемы для уравнений Навье-Стокса, записанных в переменных функция тока и вихрь / Материалы VIII международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ 2012), Москва, 2012. с. 212-215.
2. Гахраманов П.Ф., Исмаилов Р.Ш., Гадиева С. С. Об одном численном решении стационарного двухмерного течения вязкой несжимаемой жидкости / Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 2. Материалы VII Международного симпозиума. Москва, 2012, с.128-135.

3. Гаджиева Г.Ф., Гадиева С. С., Гахраманов П.Ф., Исмаилова Ш.Г., Исмаилов Р.Ш. Численной метод решения уравнений движения вязкой среды в ламинарным пограничном слое // Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər, Cild 12, № 4, Sumqayıt 2012, s.41-46.
4. Гадиева С. С. Численный метод решение уравнений движения вязкой сжимаемой среды в ламинарным погранслое / Sumqayıt Dövlət Universiteti, «Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları» II Respublika Elmi Konfransının materialları, Sumqayıt 27-28 noyabr 2012, s. 73-76.
5. Исмаилов Р.Ш., Гулиев Э.Ф., Гахраманов П.Ф., ГадиеваС.С., Рустамова К.Ф. К вопросу гидродинамики коллекторных систем с проницаемыми стенками / Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 2. Материалы VIII Международного симпозиума. Москва, 2013, с.3-12.
6. Гадиева С.С. Расчет гидродинамики потока при турбулентном течении Ньютоновских сред / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı 2013, s. 9-11.
7. Gahramanov P.F., Hadiyeva S.S. Error estimation using the step of lattice variation // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Xəbərləri, Fizika-Texnika və Riyaziyyat Elmləri Seriyası, XXXIV cild, № 4, 2014. s. 135-142.
8. Гахраманов П.Ф., Исмаилов Р.Ш., Исмаилова Ш.Г., Гадиева С. С., Багирова Г.Г. Гидродинамика трубопроводов с проницаемыми стенками / Материалы XIX международной конференции повычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2015), Алушта, 24-31 мая 2015, с. 460-462.
9. Hadıyeva S.S. Sərhəd layın ödədiyi tənliklər / SDU və AMEA informasiya texnologiyaları institutu, Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika elmi konfransının materialları, Sumqayıt 15-16 dekabr 2016, s. 82-85.
10. Гадиева С. С. Динамические и тепловые пограничные слои на вращающемся теле с отсосом / Фундаментальные и

прикладные проблемы математики и информатики, Дагестанский Государственный Университет, г.Махачкала, 19-22 сентября 2017, с.59-61.
11. Гахраманов П.Ф., Гадиева С.С. Применение методов конечных разностей для решения модельных уравнений тепломассопереноса // Вестник Дагестанского Государственного Университета, Естественные науки. Дагестан 2017, с. 38-46.
12. Гахраманов П.Ф., Гадиева С.С. Уравнение неразрывности гидродинамики с внешним тепломассаобменом и численное решение конвективного теплопереноса // Scientific light, Wroclaw, Poland, Vol 1, No 13 (2017) p.26 - 33.
13. Гадиева С.С., Гахраманов П.Ф. To problem of hydrodynamics of collector hear exchsngers // Applied mathematics and informatics, IV.Javakhishvili Tbilisi State University, I Vekua Institute of applied mathematics, Vol 43, Tbilisi 2017. p.41-47.
14. Гахраманов П.Ф., Гадиева С.С. Численные решение некоторых задач гидродинамики // Azərbaycan Texniki Universitet, Elmi Əsərlər, Fundamental Elmlər, №3,Bakı 2017, s. 84-93.
15. Гахраманов П.Ф., Гадиева С.С. Построение уравнения гидродинамики двухфазных систем с внешним тепломассообменом // Azərbaycan Texniki Universitet, Elmi Əsərlər, Fundamental Elmlər, №4,Bakı 2017,s. 81-86.

СЕВИНДЖ САБИР кызы ГАДИЕВА

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

РЕЗЮМЕ

Диссертация посвящена разработке теоретических основ гидродинамических и терломассообменных процессов в двухфазных системах, численных методов решения математических моделей и их компьютерной реализации. Круг проблем этой темы весьма обширен и в связи с разработкой новой техники и технологии особенно интенсивно развивается в последнее время. Это вызвано важными практическими задачами при: трубопроводном транспорте нефти, газа и других сред, бурении нефтяных и газовых скважин (с целью снижения гидродинамических сопротивлений), интенсификации тепломассопереноса в технологических устройствах и аппаратах, прогнозировании динамики паводковых потоков, массозащите элементов конструкций машин и оборудований от воздействия потоков высокой температуры и др.

Целью работы является разработка математических основ гидродинамических и массообменных процессов в двухфазных системах с учетом внешнего переноса тепла и массы. Для достижения этой цели были сформулированы и решены следующие задачи: получены формулы для расчета динамического и теплового погранслоя на вращающемся теле с отсосом массы, конвективного тепломассообмена в поле акустических колебаний, тепло-проводности в неоднородной среде при переменных коэффициентах переноса и гидродинамики коллекторных теплообменных аппаратов; разработаны численные методы решения уравнений конвективного тепломассообмена, струйного течения и погран слоя в сплошных средах; проведены математические (численные) эксперименты гидродинамики поводковых потоков.

SEVINJ SABİR HADIYEVA

MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL PROCESSES IN DISPERSIVE SYSTEMS

SUMMARY

The thesis is devoted to the development of the theoretical foundations of hydrodynamic and heat exchange processes in two-phase systems, numerical methods for solving mathematical models and their computer implementation. The range of problems of this topic is very extensive, and in connection with the development of new technology and technology has been especially intensively developing recently. This is caused by important practical tasks for: pipeline transportation of oil, gas and other environments, drilling of oil and gas wells (in order to reduce hydrodynamic resistances), intensification of heat and mass transfer in technological devices and devices, forecasting the dynamics of flood flows, mass protection of machine elements and equipment from impact flows of high temperature, etc.

The aim of the work is the development of mathematical fundamentals of hydrodynamic and mass-exchange processes in two-phase systems with allowance for external heat and mass transfer. To achieve this goal, the following problems were formulated and solved: the formulas for calculating the dynamic and thermal boundary layer on a rotating body with mass suction, convective heat and mass transfer in a field of acoustic oscillations, heat conductivity in an inhomogeneous medium with variable transport coefficients and hydrodynamics of collector heat exchangers; Numerical methods for solving the equations of convective heat and mass transfer, jet flow and boundary layer in continuous media have been developed; mathematical (numerical) experiments of hydrodynamics of the driving streams have been carried out.

Çapa imzalanmışdır: 27.06.2018-ci il.
Şərti ç.v1,5. Kağız formatı 60*84/$^{1/16}$
Sifariş № 64. Tiraj 100 nüsxə.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ

АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

СЕВИНДЖ САБИР кызы ГАДИЕВА

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

1211.01 – Дифференциальные уравнения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени

доктора философии по математике

БАКУ – 2018