

(1 қисық),  $p \gg \omega_1$  жағыдай үшін серпімді кұрылғының уақыт бойынша формасы серпімді кұрылғының табанының резонанстық қисығы  
(2 қисық)

Шоғырланған жүктемелер бар серпімді сырықтар мен кинематикалық дірілді оқшаулаушы қондырғыдан тұратын жүйенің қозғалысын зерттеу әдісі әзірленді. Ол мынадан тұрады: голономдық байланыстардың жаңа жиынтығын енгізу, сондай-ақ кинематикалық тіректердегі шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың қозғалысын сипаттайтын жаңа математикалық модельдерді жасау. Горизонталь гармоникалық қоздырулар кезінде, түзетілген беттері бар теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырық дірілінің табиғи режимдері анықталады. Негізгі элементтері жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірек болып табылатын кинематикалық дірілді оқшаулау қондырғысына орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың негізгі динамикалық қасиеттері нақтыланды. Олар кинематикалық тіректердің тиісті өлшемдерін және шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың динамикалық параметрлерін тағайындау арқылы дірілді оқшаулау жүйесін кез келген дерлік жиілікке мақсатты түрде реттеу, дірілден қорғау жүктемесінің қайта таралуының қауіпті әсерін болдырмау, резонансты тербелістерден қашу, кинематикалық оқшаулауы бар серпімді кұрылғыға әсер ететін вертикаль қоздырудың әсерін азайту немесе жою.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Bissebayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., Dikambay, T., Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers // Machines, 2019, p.1-21
2. Bissebayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K., Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science, 2019, 68, pp.187-195.
3. Bissebayev K., Omyrzhanova Zh. Friction arising from rolling of a bearing with straightened surfaces on a relaxing ground // Proceedings of 22nd International Conference "MECHANIKA 2017", Kaunas University of Technology, Lithuania. - 2017. - P. 52-57.

УДК 53

**В.Мукамеденқызы, Б.Е.Ақбердиев, А.Төлепберген**

### **ҮШКОМПОНЕНТТІ ИЗОТЕРМДІК ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АРАЛАСУДЫҢ ТЫҒЫЗДЫҚ ИНВЕРСИЯСЫ**

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы қ.*

*Аңдатпа*

Үшкомпонентті газ қоспаларында изотермдік жағдайда диффузия коэффициентінің әртүрлілігімен конвективті тұрақсыздық пайда бола отырып, қоспа компоненттерінің таралуы қарастырылды. Негізгі диффундирлеуші газдар ретінде үшкомпонентті газ қолданылған. Процесс жүруінің конвективті және диффузиялық режимдері зерттелген. Есептеулер нәтижелері тәжірибелік мәліметтермен салыстырылды.

*Түйін сөздер:* газдар, диффузия, конвекция, тығыздық инверсиясы, қоспалар

Әртүрлі қысымды және әртүрлі құрамды көпкомпонентті газ қоспаларындағы изотермдік диффузияны зерттеу көп мөлшерде массатасымалданумен қатар жүретін концентрациялық конвекцияның пайда болуына мүмкіндік береді. Гравитациялық өрісте орналасқан газ қоспасында концентрациялық конвекцияның пайда болуы диффузиялық канал құрамының (тығыздықтың) біркелкі бөлінбегені жағдайында мүмкін болады. Архимед күштерінің әсерінен конвективтік ағындар оң тығыздық градиентімен пайда болатыны анық ( $\rho_1 > \rho_2$ ) [1-3].

«Диффузия – конвекция» деп аталатын кинетикалық өтулерінің негізі себебі компоненттердің парциалдық ағындарындағы молекулалық және гидродинамикалық құрамдар арасындағы күрделі байланыс болып табылады [1-4]. Массатасымалданудың ерекшеліктерін зерттей келе диффузиялық күйден конвективті күйге өту барысында жүйедегі тасымалдану коэффициенттерінің ауысу режимі ерекше орын алады. Молекулалық массасы жоғары компоненттің концентрациясы өскен сайын диффузиялық каналда сызықтық емес таралудың артқандығы айқын байқалады. [1-6]

Бұл жұмыстың мақсаты үшкомпонентті газ қоспаларындағы диффузия және конвекция режимдерінің ерекшеліктерін сандық зерттеу болып табылады.

Сурет – 1 вертикаль цилиндр каналмен жалғанған екі колбалы жүйедегі үшкомпонентті газ қоспасының квазистационарлы изотермиялық жағдайын қарастырайық. Араласудың бастапқы сәтінде колбаның жоғарғы бөлігінде азот пен көмірқышқыл газы, ал төменгі бөлігінде арнон газының концентрациясы болсын.

Колба көлемдері бірдей және диффузиялық канал көлемінен біршама үлкен. Ал, каналдың ұзындығы оның радиусынан бірнеше есе артық [1-4].

Екіколбалық әдісте капилляр арқылы өтетін квазистационарлы үшкомпонентті диффузия мынадай теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$p = \text{const},$$

$$T = \text{const},$$

$$\sum_{i=1}^3 c_i = 1; \quad n \sum_{i=1}^3 c_i u_i = 0; \quad (1)$$

$$(n c_i u_i) = 0, i = 1, 2;$$

$$\sum_{j \neq i} \frac{c_i c_j}{D_{ij}} \cdot (u_i - u_j) = -\text{grad}(c_i), i = 1, 2; j = 1, 2, 3;$$

мұндағы  $p$  – қысым;  $T$  – температура;  $n$  – сандық тығыздық;  $u_i$  –  $i$ -шы компонент молекуласының орташа жылдамдығының векторы;  $D_{ij}$  – өзара диффузия коэффициенті. Компонент концентрациясы  $c_i$  мына қатынаспен анықталады:

$$c_i = n_i / n_1 + n_2 + n_3 = n_i / n$$

Диффузиялық бароэффектке байланысты қысымның айырымы айтарлықтай баяу газ ағынын көрсетеді, яғни бірінші жуықтауда диффузиялық каналды парциалды концентрациялардың көлденең таралуын және жылдамдықты елемуге болады. Сондықтан бір өлшемді модель MathCad бағдарламалық пакеттерін пайдалану арқылы алынған араласудың негізгі ерекшеліктерін дұрыс табуға мүмкіндік береді. Бұл осындай есептеулерді ғана емес, сонымен қатар аналитикалық шешімдерді алуға мүмкіндік береді [1-4]. Сонымен бір өлшемді жағдайда каналдың ауданы бойынша теңдеулер жүйесінен мынаны аламыз [1-3]:

$$\sum_{i=1}^3 c_i = 1; \quad p = \text{const}, T = \text{const},$$

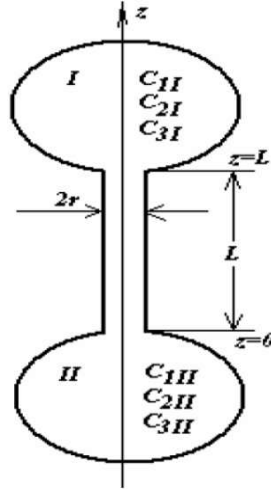
$$n \sum_{i=1}^3 c_i u_i = 0;$$

$$n \cdot c_i \cdot u_i = j_i = \frac{J_i}{S} = \text{const}, i = 1, 2; \quad (2)$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

$$\sum_{j \neq i} \frac{c_i c_j}{D_{ij}} \cdot (u_i - u_j) = \frac{-d}{dz} c, i = 1, 2; j = 1, 2, 3;$$

мұндағы  $J$  – капилляр арқылы өтетін сандық тығыздық;  $J_i$  –  $i$ -шы компонент арқылы өтетін толық сандық тығыздығы;  $S$  – капиллярдың көлденең қимасының ауданы;  $n$  – газдың сандық тығыздығы;  $j$  және  $j_i$  – сәйкесінші ағынның толық және парциалды сандық тығыздығы;



Сурет-1. Диффузиялық екіколбалық аппараттағы координат жүйесі  
Ал шекаралық шарттар келесі түрде болады [1-3]:

$$z = L, c_1 = c_{1I}, c_2 = c_{2I}, c_3 = c_{3I},$$

$$z = 0, c_1 = c_{1II}, c_2 = c_{2II}, c_3 = c_{3II}$$

(3) теңдеуді ескере отырып, (2)-ші теңдеудің шешімін келесі түрде жазамыз [1-3]:

$$c_1(z) = -B \left[ j_1 \cdot \left( X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_1 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right],$$

$$c_3(z) = -B \left[ j_3 \cdot \left( X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_3 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right], \quad (4)$$

$$c_2(z) = 1 - c_1(z) - c_3(z)$$

мұндағы  $K_i, X_i, A, B, j_i$  – концентрацияның белгілі мәндері үшін есептелген тұрақтылар. (4) қатынастары қоспаның  $\rho$  тығыздығының таралуын, сондай-ақ оның градиентін табуға

$$\text{мүмкіндік береді: } \frac{1}{n} \rho(z) = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3$$

$$\frac{1}{n} \rho(z) = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3,$$

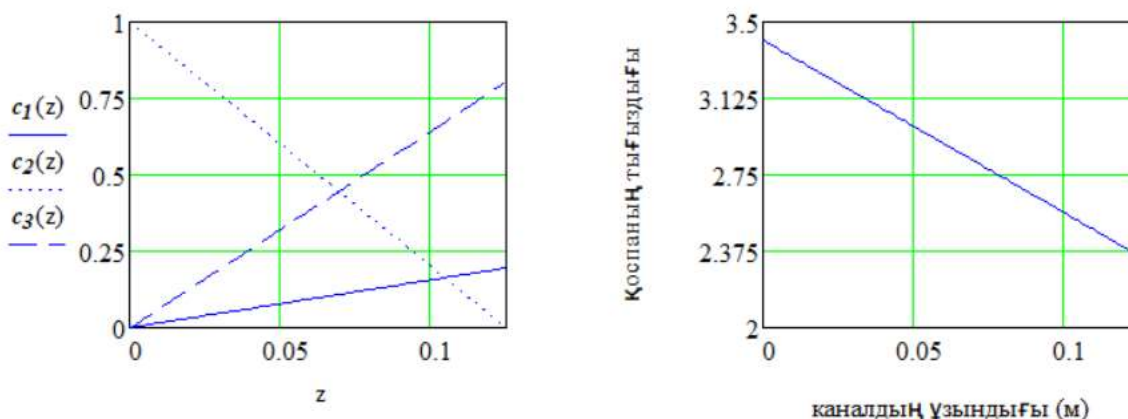
$$\frac{1}{n} \frac{d\rho}{dz} = (m_1 - m_2) \frac{dc_1}{dz} + (m_3 - m_2) \frac{dc_3}{dz} = (5)$$

$$-BX_3(\Delta m_1 \cdot j_1 + \Delta m_3 \cdot j_3) + X_2 \cdot e^{\frac{z}{B}} \cdot (\Delta m_1 \cdot K_1 - \Delta m_3 \cdot K_3)$$

$$\Delta m_i = m_i - m_2$$

(5)-ші теңдеуде  $m_i$  арқылы  $i$ -ші текті молекуланың массасын белгілейді.

(2) және (3) теңдеулерін талдаудан туындайтын жалпы қасиеттерді қарастырайық. Бұл теңдеулердің шешімі олардағы координатадағы экспоненциалды мүшелер арнайы шарттар орындалған кезде каналдағы концентрациялардың сызықты емес таралуына әкелетінін көрсетеді.



а) концентрациялық профильдер

б) қоспа тығыздығының таралуы

Сурет - 2.  $0.15N_2 + 0.85CO_2 - Ar$  жүйесі үшін концентрация компоненттерінің таралуы және үшкомпонентті қоспаның тығыздықтары.  $T=298$  К,  $L = 70.05$  мм,  $r = 3$  мм

Сурет – 2 концентрация компоненттерінің таралуы және  $0.15N_2 + 0.85CO_2 - Ar$  жүйесі үшін үшкомпонентті қоспаның тығыздықтары көрсетілген. 2а. суретте азот және көмірқышқыл газының аргонмен қоспасы кезінде көмірқышқыл газының канал бойымен бейсызық таралуын байқауға болады. Аргон мен азоттың диффузиясы кезінде бароэффектілер әсерінен көмірқышқыл газының парциалды ағыны төмендейді. Көпкомпонентті диффузияның ерекшеліктері гравитациялық конвекцияның болуына жол бермейтіндігін бақылап, 2б. суретте канал бойымен қоспа тығыздығының таралуы монотонды екенін байқауға болады.

#### Қорытынды

Жүргізілген талдаулар бойынша үшкомпонентті изотермдік диффузияның концентрация компоненттерінің монотонды емес тарала алуын айтамыз. «Диффузия – концентрациялық гравитациялық конвекция» режимінің ауысуы тек газда қоспа тығыздығының монотонды емес таралуы кезінде ғана байқауға болады. Сонымен қатар, каналда тіркелген қоспа тығыздығының айтарлықтай бейсызық таралуы тығыздық инверсиясының мүмкін екенін көрсетеді.

#### ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1.Kosov V. N., Seleznev V. D. Anomalous onset of the free gravitational convection in isothermal ternary gas mixtures [Anomal'noe vozniknovenie svobodnoi gravitatsionnoi konvektsii v izotermicheskikh troinykh gazovykh smesiakh]. Yekaterinburg, 2004, 151 p
- 2.Kosov V., Fedorenko O., Zhakebayev D., Mukamedenkyzy V., Kulzhanov D. Convective mass transfer of a binary gas mixture in an inclined channel // Z Angew Math Mech. – 2022. – Vol. 102.
- 3.Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Fedorenko O.V., Akzholova A.A. [Some of the features of isothermal multicomponent mass transfer in convective instability of a gas mixture]. In: Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii. 2016. Vol. 50. , no. 2, pp. 177-183.
- 4.Kosov V.N., Fedorenko O.V., Zhakebaev D.B., Kizbaev A.P. Peculiarities of the rise of structured formations at the boundary of the change of the regimes “Diffusion – Concentration convection” at an isothermal mixing of a binary mixture equally diluted by the third component // Thermophysics and Aeromechanics. 2019. T. 26. № 1. P. 31-40. DOI: 10.1134/S0869864319010049
- 5.Kaminskii V.A. [Special modes of three-component diffusion in gases]. In: Zhurnal fizicheskoi khimii. 2011. Vol. 85. , no. 12, pp. 2359-2364.
- 6.Kosov V.N., Kul'zhanov D.U., Zhavrin Yu.I., Fedorenko O.V. [The effect of the concentration of mixture components on the occurrence of convective regimes of mixing by diffusion in ternary gas mixtures]. In: Zhurnal fizicheskoi khimii. 2017. Vol. 91, no. 6, pp. 931-936.