

## **Абжапбаров Абай Акилбековичтің**

8D07180-Технологиялық машиналар мен жабдықтар (салалар бойынша) мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін дайындаған диссертациясына

### **АҢДАТПА**

#### **Бір аймақты және екі аймақты қиыстырылған газ тазарту аппараттарындағы гидродинамика, шаңұстау және жылу масса алмасу**

**Диссертациялық зерттеудің мақсаты:** бір сатылы және екі сатылы (бір аймақты және екі аймақты) газ ағыны екі жақтан жеткізілген, соққылы-құйынды және циклонды-құйынды әрекетті аппараттарда жүретін шаң аулау мен жылу-масса алмасу процестерінің, гидродинамиканың ғылыми негіздерін әзірлеу, есептеудің ғылыми негізделген әдістерін, пайдалану және жобалау бойынша ұсыныстарды жасау, тәжірибелік-өнеркәсіптік жағдайларда алынған нәтижелерді тексеру және өнеркәсіпке енгізу.

#### **Зерттеу міндеттері:**

- бір сатылы және екі сатылы жылу-масса алмасу мен шаң аулау аппараттарының классификациясы;

- газ ағынын екі жақты жеткізумен соққылы-құйынды әсер ету аппаратының гидродинамикалық сипаттамаларын, масса алмасуын және шаң аулауын эксперименттік зерттеу және гидравликалық кедергінің есептік тәуелділіктерін, ұсталатын сұйықтықтың мөлшерін, қабаттың газ құрамын, газ фазасындағы масса беру коэффициенттерін және шаң аулаудың тиімділігін алу;

- құбырлы саптамасы бар соққылы-құйынды әсер ету аппаратының гидродинамикалық сипаттамаларын, масса алмасуын және шаң аулауды эксперименттік зерттеу және гидравликалық кедергінің есептік тәуелділіктерін, ұсталатын сұйықтықтың мөлшерін, қабаттың газ құрамын, газ фазасындағы масса беру коэффициенттерін және жылу беруді, шаң аулаудың тиімділігін алу;

- циклонды-құйынды әсер ету аппаратының гидродинамикалық сипаттамаларын, масса алмасуын және шаң аулауын эксперименттік зерттеу және гидравликалық кедергінің есептік тәуелділіктерін, ұсталатын сұйықтықтың мөлшерін, қабаттың газ құрамын, газ фазасындағы масса беру коэффициенттерін және шаң аулаудың тиімділігін алу;

- әзірленген аппараттарды есептеудің ғылыми негізделген инженерлік әдістемелерін және жобалау мен пайдалану жөніндегі ұсынымдарды әзірлеу;

- тәжірибелік-өнеркәсіптік жағдайларда алынған нәтижелерді тексеру және өнеркәсіпке енгізу.

**Зерттеу әдістері:** гидродинамика (гидравликалық кедергі, ұсталатын сұйықтық мөлшері), газ фазасындағы масса беру коэффициенттері және жылу беру, шаң аулау тиімділігі, бойынша тәжірибелік деректерді алуға арналған физикалық зерттеу әдістері, математикалық модельдеу әдістері.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа да тұжырымдар):**

- газ және сұйық ағындарының өзара әрекеттесу механизмдерін талдау негізінде бір сатылы және екі сатылы жылу масса алмасу және шаң ұстағыш аппараттардың жіктелуі ұсынылған;

- газды екі жақты жеткізу кезінде газ ағынының сұйықтықпен әсер етуінің, сұйықтықтың эжекциясының және жүйелі түрде орналастырылған саптама көлеміндегі газ бен сұйықтық ағындарының құйынды өзара әрекеттесуінің анықталған гидродинамикалық заңдылықтарын негізге ала отырып, эжекция аймағы мен жанасудың құйынды аймағының гидравликалық кедергісін, олардың жалпы кедергісін, ұсталатын сұйықтық мөлшерін және саптама аймағы қабатының газ құрамын есептеу үшін теңдеулер алынды;

- газ ағынының сұйықтықпен әсер етуінің анықталған заңдылықтарын, құбырлы саптамамен екі сатылы соққы-құйынды әсер ету аппаратының жүйелі түрде орналастырылған саптамасының көлеміндегі газ және сұйықтық ағындарының құйынды өзара әрекеттесуін негізге ала отырып, жанасудың соққылы және құйынды сатыларының гидравликалық кедергісін, олардың жалпы кедергісін, ұсталатын сұйықтық мөлшері мен саптама аймағы қабатының газ құрамын есептеуге арналған теңдеулер алынды;

- құбырлардағы жылутасымалдағыштың қозғалыс жағдайларына сүйене отырып жергілікті кедергілер мен үйкеліс кедергісін ескере отырып гидравликалық кедергіні есептеу үшін теңдеу алынды;

- спираль бойынша газ ағынының қозғалысының анықталған заңдылықтарына, екі сатылы циклонды-құйынды аппараттың жүйелі түрде орналастырылған саптамасының көлеміндегі газ және сұйықтық ағындарының құйынды өзара әрекеттесуіне сүйене отырып, циклондық және құйынды жанасу сатыларының гидравликалық кедергісін, олардың жалпы кедергісін, ұсталатын сұйықтық мөлшерін және саптама аймағы қабатының газ құрамын есептеу үшін теңдеулер алынды;

- сұйық тамшылардағы қатты бөлшектерді ұстаудың турбулентті-диффузиялық механизмі негізінде соққы аймағында және жүйелі түрде орналастырылған саптамада қатты бөлшектердің турбулентті және диффузиялық тұндырылуының математикалық сипаттамасы берілді, ал диссипативті тәсілді қолдана отырып, газ фазасындағы масса беру коэффициенттерін және жылу беруді анықтау үшін есептелген тәуелділіктер алынды;

- бөлшектерді аулаудың орталықтан тепкіш-инерциялық механизмі негізінде екі сатылы циклонды-құйынды аппараттың циклондық сатысында бөлшектердің орталықтан тепкіш және инерциялық тұндыруының математикалық моделі әзірленді.

**Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.**

Әзірленген аппараттардың конструкцияларына зертханалық зерттеулер жүргізу кезінде: жүйелі түрде орналастырылған саптамасы және газ ағынының екі жақты жеткізілуі бар бір сатылы екі аймақты аппарат (ГАЕЖЖА), жүйелі құбырлы саптамасы бар екі сатылы соққылы-құйынды әрекеттесетін аппараттар (СҚӘА ҚС) және циклондық-құйынды әрекеттесін аппараттардың (ЦҚӘА) гидродинамикалық

сипаттамаларының, жылу-масса алмасу параметрлерінің графикалық тәуелділіктері мен есептік теңдеулері алынды

**Гидродинамикалық сипаттамалар.** ГАЕЖЖА және ЦҚӘА аппараттардың саптама аймағы пластиналы саптамалардан тұрады, ал СҚӘА ҚС аппаратында құбырлы саптама орнастырылған. *Гидравлическое сопротивление насадочной зоны Саптама аймағының гидравликалық кедергісі* белгілі Дарси-Вейсбах теңдеуімен анықталады. Оған кіретін пластиналық саптама үшін кедергі коэффициенті келесідегідей:

$$\xi_L = 0,43 \cdot \theta_b \cdot \theta_p \cdot \frac{\text{Re}_{\text{жс}}^{0,25}}{\text{Re}_2^{0,1}}, \quad (1)$$

Құбырлы саптама үшін

$$\xi_L = 0,195 \cdot \theta_b \cdot \theta_p \cdot \text{Re}_{\text{жс}}^{0,1}, \quad (2)$$

мұнда  $\theta_b$  - тік бағыттағы құйындардың өзара әрекеттесу дәрежесін сипаттайтын коэффициент;  $\theta_p$  - радиалды бағыттағы құйындардың өзара әрекеттесу дәрежесін сипаттайтын коэффициент;  $\text{Re}_{\text{ж}}$  и  $\text{Re}_{\text{г}}$  – Рейнольдстың саптаманың эквивалентті диаметріне жатқызылған газ және сұйықтық критерийлері.

ГАЕЖЖА және СҚӘА ҚС аппараттарындағы ұсталынатын сұйықтық мөлшері (ҰСМ):

$$h_o = A \cdot \xi_L \cdot \frac{H}{t_b} \cdot \frac{\rho_{\text{г}} W_{\text{г}}^2}{2 \cdot \rho_{\text{жс}} \cdot g \cdot \varepsilon_0^2}, \quad (3)$$

мұнда А тәжірибелік коэффициент: ГАЕЖЖА үшін - 0,506; СҚӘА ҚС үшін - 0,65.

ЦҚӘА аппаратының ҰСМ:

$$h_o = (h_{\text{пл}} + h_k) \cdot \frac{H}{t_b}, \quad (4)$$

мұндағы пленка компоненті  $h_{\text{пл}} = \delta_{\text{пл}} (1 - \varepsilon_0)$ . Тамшы компоненті  $h_k$  энергияны сақтаудың баланстық теңдеуі негізінде анықталады:

$$h_k = 0,88 \cdot \xi_L \cdot \frac{\rho_{\text{г}} W_{\text{г}}^2}{2g\rho_{\text{ж}}} \cdot \frac{(2 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_0^2)}{\varepsilon_0^2}. \quad (5)$$

ГАЕЖЖА және СҚӘА ҚС аппараттарының *эжекция аймағының гидравликалық кедергісін* анықтау үшін теңдеу алынды:

$$\Delta P_s = \lambda \frac{\rho_{\text{г}} \cdot W_{\text{пат}}^2}{2} + \rho_{\text{ж}} g [(1 - \varphi_s) h_o]. \quad (6)$$

мұнда  $\varphi_s$  – эжекция аймағының газ мөлшері;  $h_o$  – сұйықтың динамикалық деңгейі (м) ГАЕЖЖА үшін пайда болатын шұңқырдың диаметрі мен тереңдігі арқылы анықталады; СҚӘА ҚС үшін саптама аймағына ырыстырылған сұйықтық мөлшері арқылы анықталады

*Циклон сатысының гидравликалық кедергісі* кедергілердің аддитивтілігі негізінде анықталады. Бұл ретте: кіру учаскесі үшін ( $\xi_{\text{вх}} = 3,32$ ); сақина аймағы ( $\xi_{\text{кольц}} = 4,1$ ); шығу учаскесі ( $\xi_{\text{вых}} = 5,7$ ).

**Жылу массаалмасу параметрлері.** Газ фазасындағы масса беру коэффициенттерін есептеу үшін теңдеулер алынды:

ГАЕЖЖА үшін:

$$\beta_{zs} = 5,53 \left( \frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4} \cdot \left[ \frac{D_z^2 \cdot C_k \cdot U_z^3 \cdot (h_0 - h_{nl})}{\varphi_{яч} (t_b - h_{nl}) \cdot d_k \cdot v_z} \right]^{1/4} \quad (7)$$

СҚӘА ҚС үшін:

$$\beta_{zs} = 10,4 \left( \frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4} \cdot \left[ \xi_L \cdot \frac{D_z^2 \cdot U_z^3}{\varphi_{яч} \cdot t_b \cdot v_z} \right]^{1/4} \quad (8)$$

ЦҚӘА үшін:

$$\beta_{rs} = 6,22/(1-\varepsilon)^{1/4} \cdot \left[ D_r^2 \cdot \frac{\xi_L (1-\varepsilon) \cdot U_r^3}{\delta_{пл} \cdot \varphi_{яч} \cdot v_r} \right]^{1/4} \quad (9)$$

**Жылу беру коэффициенттері** мына формулалар бойынша есептеледі:  
СҚӘА ҚС үшін:

$$\alpha = 7,28 \cdot \left( \frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4} \cdot c_p \cdot \left[ \xi_L \cdot \frac{D_r^2 \cdot U_r^3}{\varphi_{яч} \cdot t_b \cdot v_r} \right]^{1/4} \quad (10)$$

ЦҚӘА үшін:

$$\alpha = 4,35/(1-\varepsilon)^{1/4} \cdot c_p \cdot \left[ D_r^2 \cdot \frac{\xi_L (1-\varepsilon) \cdot U_r^3}{\delta_{пл} \cdot \varphi_{яч} \cdot v_r} \right]^{1/4} \quad (11)$$

**Шаң аулау параметрлері.** Шаң аулаудың тиімділігін есептеу үшін **қатты бөлшектердің инерциялық диффузиялық тұндыруының математикалық моделі** қолданылды. Колмогоров-Обуховтың жергілікті изотропты турбуленттілік теориясын қолдана отырып, турбулентті диффузия коэффициенттерін есептеу үшін теңдеулер алынды:

ГАЕЖЖА және СҚӘА ҚС аппараттарындағы эжекция аймағы үшін:

$$D'_m = B_1 \cdot (\xi_{nam})^{1/3} \cdot \left( \frac{\rho_z}{\rho_{жс}} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{1}{\Delta h} \right)^{1/3} \cdot d_{k_1}^{4/3} \cdot W_{nam} \cdot Stk, \quad (12)$$

мұнда  $B_1 = 4,5 \cdot 10^{-2}$  – ГАЕЖЖА үшін;  $B_1 = 2 \cdot 10^{-2}$  – СҚӘА ҚС үшін;

ГАЕЖЖА, СҚӘА ҚС, ЦҚӘА аппараттарының саптама аймағы үшін:

$$D''_m = B_2 \cdot (\xi_L)^{1/3} \cdot (1-\varepsilon_0)^{1/3} \cdot \left( \frac{H}{t_b} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{\rho_z}{\rho_{жс}} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{1}{h_0} \right)^{1/3} \cdot d_k^{4/3} \cdot u_z \cdot Stk, \quad (13)$$

мұнда  $B_2 = 8,85 \cdot 10^{-2}$  – ГАЕЖЖА үшін;  $B_2 = 4 \cdot 10^{-2}$  – СҚӘА ҚС үшін;  
 $B_2 = 8,38 \cdot (1-\varphi)$  – ЦҚӘА үшін.

Бөлшектерді аулаудың орталықтан тепкіш-инерциялық механизмі негізінде ЦҚӘА аппаратының циклонды сатысының **бөлшектердің орталықтан тепкіш және инерциялық тұндыруының** математикалық моделі жасалды. Аппараттың құрғақ сатысының құрылымдық қатынастарына байланысты оған кіретін коэффициент төмендегі теңдеу бойынша есептеледі:

$$C_\kappa = \frac{\pi \cdot D_u^2}{a \cdot v_1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d}{D_u} \right)^2 \right] \cdot \left( \frac{2 \cdot h_T}{D_u} - \frac{h_e}{D_u} \right) + \left[ \left( \frac{d}{D_u} \right)^2 - \left( \frac{d_1}{D_u} \right)^2 \right] \cdot \left( \frac{4 \cdot H_u}{D_u} + \frac{4 \cdot H_\kappa}{D_u} \right) \quad (14)$$

Теңдеудегі конструктивті қатынастар:  $a = 0,66 \cdot D_u$ ;  $v_1 = 0,26 \cdot D_u$ ;  $d = 0,59 \cdot D_u$ ;  $d_1 = 0,4 \cdot D_u$ ;  $h_T = 1,74 \cdot D_u$ ;  $h_e = 0,3 \cdot D_u$ ;  $H_u = 2,26 \cdot D_u$ ;  $H_\kappa = 2 \cdot D_u$ .

### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу.**

Бір сатылы және екі сатылы жылу-масса алмасу және шаң ұстағыш аппараттарды жіктеудің маңыздылығы ағындардың өзара әрекеттесуінің дәстүрлі механизмдерін есепке алуда, сондай-ақ олардың мүмкін болатын комбинациясының жолын анықтау болып табылады.

Жанасудың соққылы және құйынды сатыларының гидравликалық кедергісін, ұсталатын сұйықтық мөлшерін, газ фазасы мен жылу берудегі масса беру коэффициенттерін анықтауға арналған есептелген тәуелділіктерді, соққы аймағындағы қатты бөлшектердің турбулентті және диффузиялық тұндыруының математикалық сипаттамасын және жүйелі түрде орналастырылған саптаманы есептеуге арналған теңдеулердің жаңалығы олардың газ ағынының сұйықтықпен соққылы және құйынды өзара әрекеттесуінің анықталған заңдылықтарына негізделуі болып табылады.

Циклондық және құйынды жанасу сатыларының гидравликалық кедергісін есептеуге арналған теңдеулердің, ұсталатын сұйықтық мөлшері, газ фазасы мен жылу берудегі масса беру коэффициенттерін анықтауға арналған есептелген тәуелділіктердің, жүйелі орналастырылған саптама аймағындағы бөлшектердің турбулентті және диффузиялық тұндыруының математикалық сипаттамасы, сондай-ақ циклон сатысында бөлшектердің ортадан тепкіш және инерциялық тұндыру модельдерінің жаңашылдығы олардың спираль бойымен және газ ағындарының сұйықпен құйынды әрекеттесу заңдылықтарын ескереді.

Алынған теңдеулердің маңыздылығы-олар инженерлік есептеу әдістерінің негізін құрайды және жобалау мен пайдалану бойынша ұсыныстармен бірге өнеркәсіптік үлгілерді есептеуге мүмкіндік береді.

**Ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.** Жұмыс ҚР Ғ және ЖБМ Ғылым комитетінің «Су ресурстарын, жануарлар мен өсімдіктер дүниесін ұтымды пайдалану, экология» басымдығы бойынша, «Су тазарту, газ тазарту, топырақ және шаң жинау жүйелері» мамандандырылған ғылыми бағыты бойынша зерттеулер бағытына сәйкес орындалды.

**Докторанттың әр жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы.** Диссертация тақырыбы бойынша 30 мақала жарияланды. Докторанттың жалпы қосқан үлесі 55-60% құрайды. Мақалаларға қосқан үлесі эксперименттік зерттеулер жүргізу, нәтижелерді кестелік мәндер мен графикалық тәуелділіктер түрінде өңдеу, алынған есептеу теңдеулері сияқты құрамдас бөліктерін көрсетеді.