УДК 532.75

ЭЛЕКТР ӨРІСІ ИНДУКЦИЯЛАҒАН КОНВЕКТИВТІК АҒЫСТАРДЫ ЕСКЕРУМЕН ДАРА ЭМУЛЬСИЯЛЫҚ ТАМШЫНЫ ЭЛЕКТРЛІК ҚЫЗДЫРУ

Дауылбек Нұрғиза
Nurgiza_0709@mail.ru
Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-нің Механика-математика факультеті студенті,
Нур-Султан,Қазақстан
Ғылыми жетекші – Б.С.Шалабаева

Өнеркәсіптің көптеген салаларында эмульсияны бұзу әдістерін дайындау өзекті мәселе болып табылады. Мұнайдың деэмульсациялануының тиімді технологиясын таңдау мәселесі мұнай саласындағы маңызды міндет болып табылады. Мұнайда полярлық құрамдастардың (асфальтендер, парафиндер және басқалары) болуы су тамшыларының бетінде құрылымдық-механикалық бөгеттің пайда болуына алып келеді. Соның арқасында су-мұнай эмульсиялары жоғары тұрақтылыққа ие болады [1].

Эмульсиялардың бұзылуы екі механизм арқылы жүруі мүмкін. Олардың бірі «оствальдтық жетілу» болып табылады, ол үздіксіз фаза арқылы жарып өтетін дисперстік фаза диффузиясы салдарынан орын алады. Бұл механизм пленканың қандай да бір жарылуын болжамайды, оның орнына үздіксіз фаза арқылы үздіксіз алмасу тіршілік етеді, бұл бір уақытта олардың санын азайтқан кезде тамшылардың орташа диаметрін ұлғайтады. Басқа бір механизм «бірігу» деп аталады, ол бір-біріне жалғасқан тамшылардың арасында түзілетін сұйықтықтың нәзік пленканың жарылуын болжайды. Бұл жарылу нәзік пленка саңылаудың қалыптасуын қажет етеді. Ол кейін екі көршілес тамшылардың бірігуі нәтижесінде өседі. Ақырында бұл дисперстік фазаның толығымен бұзылуына әкеледі. Эмульсия өмірінің ұзақтығы беткі-белсенді заттары болғанда ұзарады, оның тамшының бетіне шөгетіні және бірігуге кедергі жасайтыны белгілі [2].

Жазық конденсатордың электр өрісіндегі көпіршіктердің тұндыру және қалқып шығу мәселелерін В.В. Гогосов қарастырды. В.В. Гогосов пен В.А. Налетованың жұмыстары негізінде, фазалардың әрқайсысы өз заңына сәйкес поляризацияланған, дисперсті ортаның көп жылдамдықты қозғалыс моделі алынған. Дисперстік фазаның қозғалысы нәтижесінде, оның көлем концентрациясының қайта бөлінуі ортаның диэлектрлік өтімділігін, ортаның электр өрісімен және өрістің өзінің өзара әрекеттесу дәрежесін, оны біртекті емес етіп өзгертеді. Моррисон жұмысында электр өрісі болған кезде тамшылар мен қоршаған орта арасындағы стационарлы жылу мен масса алмасу процесі қарастырылған, және микротолқынды өрісте «судағы май» типтегі тамшы эмульсиясының белгілі бір жылу және механикалық әсерге ұшырайтыны атап өтілген. И.Г. Низаеваның жұмысында тамшының ішіндегі және сыртындағы сұйықтықтың қозғалысы, сондай-ақ жоғары жиілікті электромагниттік өріс әсерінен «тамшы - броньды қабықша - мұнай» жүйесіндегі температуралық өріс қарастырылады [3].

Г.Т. Закирьянова, Л.А. Ковалева, Н.М. Насыровтың жұмысында пондермоторлық күштерді, жылу мен масса тасымалының және ауырлық күшінің әсерін есепке ала отырып,

вертикалды цилиндрлік конденсатордағы мұнай-су эмульсиясына жоғары жиілікті әсердің екі өлшемді сандық моделдеудің нәтижелері көрсетілген. Нәтижелер су тамшыларының концентрациясы мен температураның конденсатордың биіктігіндегі таралуын біркелкі үлестіруге жақын екенін көрсетті: пондермоторлық күштер тамшылардың жақындауы мен коагуляциясы жүретін конденсатордың ішкі қабатына су тамшыларын ауыстырады, ал егер олардың броньды қабықшасы жойылса, эмульсия жойылады [4].

В.И. Анфиногентовтыңжұмысында параметрлері температурадан тәуелді, диэлектриктердің микротолқынды қыздыруының математикалық моделдеуі қарастырылған. Нәтижесінде диэлектриктің микротолқынды қыздыру кезінде жылу алмасу процесін моделдеуге мүмкіндік беретін бір сызықты емес дербес туындылы дифференциалдық теңдеудің алғашқы интегралы анықталды. В.И. Анфиногентовпен жазық электромагниттік толқын оған адиабатикалық жуықтау шартымен шектелмеген кезде, тұрақты электромагниттік толқындар болған кезде, тұрақты параметрлері бар жартылай шексіз ортадағы температура өрісін анықтау есебі шығарылды. Мысал ретінде, электромагниттік өріс энергиясымен жерасты микротолқынды қыздыру моделдеуі қарастырылады. Нәтижесінде жерасты қыздыру уақыты неғұрлым ұзағырақ болса, температура соғұрлым жоғары болады. Тереңдігі жоғары болған кезде жерастының қыздыру температурасы оның жоғарғы қабаттарындағы электромагниттік өрістің әлсіреуіне байланысты экспонента бойынша төмендейді [5].

В.А. Яковенконың жұмысында тұтқыр пластикалы материалдың физикалық сипаттамаларын ескере отырып, микротолқынды қуаттың әрекет етуімен әртүрлі көлденең қималар арналарында су-мұнай эмульсиясының жылу алмасу процесінің моделі көрсетілген. Шектік интегралдық түрлендірулерге негізделген, стационар емес конвективтік жылу есебін шешу әдісі әзірленді. Ұсынылған моделдер жылу алмасу арналарын, қимасының геометриялық пішіні бар, зерттеу үшін қолданылады [6].

Бірқатар жұмыстарда эмульсия тамшысының төменгі жағында және сыртында пайда болатын электр өрісі туындаған ағындар қарастырылды. Осы бағыттағы алғашқы жұмыстардың бірі – Дж.Дж. Тейлор [32] жұмысы, ол төмендегі болжамдар бойынша Стокстың ток функциясы арқылы тамшының ішіндегі және сыртындағы сұйықтықтың қозғалыс жылдамдық векторының компоненттері үшін өрнектер алды: тамшы радиусы r_0 нөлдік толық зарядқа ие, араласпайтын сұйықтықта қалыпты жағдайда, нөлдік баяулауы бар және біркелкі тұрақты электр өрісіне орналастырылған. Алынған өрнек келесі түрге ие:

тамшы ішінде ($r < r_0$):

$$U_{1r} = U_{\max}\left(\left(\frac{r}{r_0}\right)^3 - \frac{r}{r_0}\right)\left(\sin^2\theta - 2\cos^2\theta\right) \qquad (1)$$

$$U_{1\theta} = U_{\max}\left(5\left(\frac{r}{r_0}\right)^3 - 3\frac{r}{r_0}\right)\sin\theta\cos\theta \qquad (2)$$

тамшы сыртында ($r > r_0$):

$$U_{2r} = U_{\max}\left(\left(\frac{r_0}{r}\right)^2 - \left(\frac{r_0}{r}\right)^4\right)\left(\sin^2\theta - 2\cos^2\theta\right) \qquad (3)$$

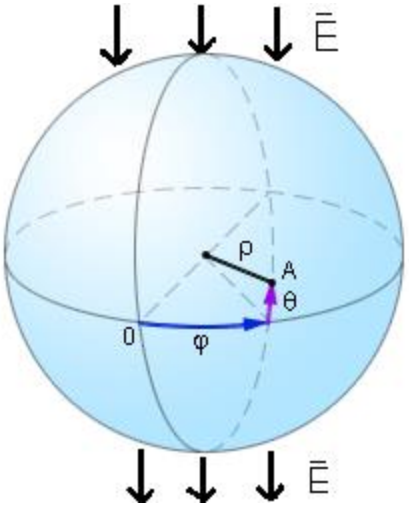
$$U_{2\theta} = U_{\max}\left(\frac{r_0}{r}\right)^4 \sin 2\theta \qquad (4)$$

мұндағы

$$U_{\max} = \frac{\left(\dot{E}_0 \cdot \dot{E}_0^*\right)}{8\pi} \frac{r_0 \varepsilon_0 \left(\varepsilon_1^{'} - \varepsilon_2^{'}\right)}{5\left(\eta_1 + \eta_2\right)} \qquad (5)$$

– сұйықтық қозғалысының электр өрісі арқылы туындаған ең жоғары жылдамдық; $\dot{E}_0$ - сыртқы электр өрісінің кернеуінің амплитудасы; ε_0 - электрлік тұрақты; $\varepsilon_i^{'}$ - ортаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі; η_i - динамикалық тұтқырлық; «*» - комплекс-түйіндес шамалар белгісі.

Электрмагниттік өрістің эмульсиялық тамшыға жылулық және электрдинамикалық әсері туралы және ортадағы температуралық өрістің таралу динамикасына электр өрісі индукциялаған тамшы ішінде және сыртында сұйық қозғалысының әсері туралы есеп қарастырылады. Су глобуласына және айналадағы сұйықтыққа электромагниттік өріс жылулық әсерін зерттеу кезінде координаттардың сфералық жүйесінде (r, θ, φ) жылу өткізгіштік теңдеуінің жүйесі шешілді, мұнда r - координаттар басына дейінгі қашықтық, ал θ және φ – сәйкесінше зенит және азимут бұрышы (1сурет).



Сурет 1 Есеп геометриясы.

r_0 радиусы эмульсиялық тамшысы сыртқы біртекті ЭМ өрісте болады. Тамшы ортасын координаттар жүйесі орталығы ретінде қабылдайық. Тамшының айналу өсі өріске параллель бағдарланған. Сондықтан да φ координаттан тәуелділік жоқ. $\theta = 0$ және $\frac{\pi}{2}$ бұрыштарына қатысты симметрия байқалады, яғни тамшы 4 бірдей квадранттан тұрады деп есептеледі. Сондықтан да есепті шығару кезінде 1-квадрантты ғана қарастыруға болады, мысалы, $\theta = 0$ бастап $\frac{\pi}{2}$-ге дейінгі аумақ [7].

Жоғарыда баяндалғанды ескере отырғанда тұжырылған есеп мынадай жылу өткізгіштік теңдеуі жүйесі түрінде жазылады:

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{1}{r^2 c_1 \rho_1} \frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda_1 r^2 \frac{\partial T_1}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 \sin\theta \cdot c_1 \rho_1} \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\lambda_1 \sin\theta \frac{\partial T_1}{\partial \theta}\right) - U_{1r} \frac{\partial T_1}{r} - \frac{U_{1\theta}}{r} \frac{\partial T_1}{\partial \theta} + \frac{q_1}{c_1 \rho_1},$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{1}{r^2 c_2 \rho_2} \frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda_2 r^2 \frac{\partial T_2}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 \sin\theta \cdot c_2 \rho_2} \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\lambda_2 \sin\theta \frac{\partial T_2}{\partial \theta}\right) - U_{2r} \frac{\partial T_2}{r} - \frac{U_{2\theta}}{r} \frac{\partial T_2}{\partial \theta}, \qquad (6)$$

Мұндағы 1 және 2 индекстері су және мұнайға қатысты, сәйкесінше, λ, c, ρ – жылу өткізгіштік, меншікті жылу сыйымдылық және ортаның тығыздығы; T – аумақтың температурасы; U_r және U_θ – электр кернеуі тензорынан туындайтын тамшы (су және мұнай) ішіндегі және сыртындағы сұйықтықтар қозғалысы жылдамдығы векторының құрамдастары, q – жылу көздері.

(6) және (11) теңдеулер жүйесін жазу кезінде мынадай жорамалдар мен болжамдар жасалды:

1) орта бір текті, сығылмайды және изотропты;

2) жылу физикалық және электрдинамикалық қасиеттері тұрақты;

3) ішкі үйкеліс жолымен энергияның диссипациясы есебінен жылу бөлінуімен шартталған температура өзгерістері елеместей аз;

4) ағыс ламинарлық;

5) гравитациялық күштер еленбейді;

6) энергияның негізгі бөлігін су глобулаларында шоғырланған су фазасы жұтып алуы тиіс.

Бастапқы және шекаралық шарттар тамшы және қоршаған орта арасындағы кондуктивтік жылу алмасуды ескерумен айқындалады:

$$T_1(r,\theta,0) = T_2(r,\theta,0) = T_0 = const \qquad (7)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(r_0,\theta,t)}{\partial r} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(r_0,\theta,t)}{\partial r} \qquad (8)$$

$$T_1(r_0,\theta,t) = T_2(r_0,\theta,t) \qquad (9)$$

$$\frac{\partial T_1(0,\theta,t)}{\partial r} = 0, T_2(R_1,\theta,t) = T_0 \qquad (10)$$

$$\frac{\partial T_1(r,0,t)}{\partial \theta} = 0, \frac{\partial T_2\left(r,\frac{\pi}{2},t\right)}{\partial \theta} = 0 \qquad (11)$$

мұндағы R_1 – жылулық әсер ету аумағының шекарасы

Қолданылған әдебиеттер

1. Саяхов Ф.Л., Хакимов В.С., Арутюнов А.И., Демьянов А.А., Байков Н.М. Диэлектрические свойства и агрегативная устойчивость водонефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. – 1979. – № 1. – С. 36 – 39.
2. Ostwald W. Die Wissenschaftlichengrundlegen der analytischenChemie // AnalytischChemi, 3rd Ed. Wilhelm, Ingelmann, Leipzig, 1901, 221 pp.
3. Гогосов В.В., Налетова В.А., Шапошникова Г.А. Гидродинамика дисперсных систем, взаимодействующих с электромагнитным полем // Изв. АН СССР. МЖГ. – 1977. – №3. – С. 59 – 70.
4. Закирьянова Г.Т., Ковалева Л.А., Насыров Н.М. Двумерное математическое моделирование воздействия высокочастотного электрического поля на эмульсию. // Вестник УГАТУ. – Т. 14, №2 (37). – 2010 – С. 91-96.
5. Анфиногентов В.И. Об одной задаче теории СВЧ нагрева диэлектриков // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2002. №3. – С.21-22.
6. Яковенко В.А. Математическое моделирование СВЧ-обезвоживание нефти и нефтпродуктов // Техника и приборы СВЧ. – 2008. №2. – С.30-33

7. Торза С., Кокс Р., Мейсон С. Электродинамическая деформация и разрыв капель // Реология суспензий. – М.: 1975. – С. 285 – 333.