

«6D071700 – Жылу энергетикасы» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

## **АҢДАТПА**

### **ҚАЛАСОВ НҮРДӘУЛЕТ БОЛАТУЛЫ**

#### **ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ОТЫНДЫ АЛУ ҮШІН ИНТЕГРАЛДЫҚ МЕМБРАНАЛЫҚ БИОРЕАКТОРЛАРДАҒЫ ГАЗДАРДЫ БӨЛУ**

##### **Зерттеу жұмысының жалпы сипаттамасы**

Диссертациялық жұмыста сутекті өндіруге және бөлуге арналған интегралдық мембраналық биореактор зерттеледі. Сутек және көмірқышқыл газ қоспаларының мембраналық бөліну процесінің сандық зерттеу барысында, гидродинамикалық модельдердің негізгі жиынтығы сипатталады. Концентрациялық поляризация қабатының қалыңдығын басқару мақсатында мембраналық бөлу процесінде ламинарлы және турбулентті ағын режимдерінде ANSYS FLUENT бағдарламалық қамтамасыз ету пакетін пайдалану арқылы гидродинамикалық (CFD) модельдеудің нәтижелері көрсетіледі.

##### **Зерттеу тақырыбының өзектілігі**

XXI ғасырда жылу электр станциялар көмегімен энергия өндіру болашақта келесі себептер бойынша үлкен алаңдаушылық туғызады. Біріншіден, алдағы 50-70 жылда органикалық отын қорының, яғни, мұнай мен газдың таусылуы. Екіншіден, жылу электр станцияларының атмосфераға көмірқышқыл газын шығарудың және парниктік әсерді құрудың негізгі көзі болып табылуы. Үшіншіден, табиғи баланстың бұзылуы, бұған себеп қазба байлықтармен табиғи отынның өндірілуі болып табылады. XX ғасырда планетаның жер қойнауынан шамамен 500 млрд. тонна отын алынды, бұл жердің  $10^3$  массасын құрайды. Бұл болашақта парниктік әсермен қатар күтпеген салдарға әкелуі мүмкін. Энергияны тұтыну – төмендеу тенденциясын анықтамайды, керісінше, оны тұтыну жылдамдығы үнемі өсіп келеді.

Қазіргі уақытта өнеркәсіптің жаңа саласы - сутек энергетикасы мен оны өндіру технологиясы күш алып келеді. Өйткені, бұл қарапайым және жеңіл зат (отын) ретінде ғана емес, сонымен қатар көптеген технологиялық процестерде қажетті шикізат элементі ретінде де қолданыла алады.

Сутекті өндірудегі негізгі мәселе - технологиялық үнемдеу және өнімді шығару мәселесі. Қызықтыратын және перспективалы тәсілдердің бірі мембраналық технологияны және мембраналық биореактор процестерін қолдану болып табылады, бұл биоотын өндірісінің экономикасын айтарлықтай жақсартады.

Мембраналар арқылы бөлінуге деген қызығушылық тез өсуде, өйткені мембраналық процестер көптеген өнеркәсіптік қосымшаларда басқа бәсекелес технологиялардан техникалық және экономикалық жағынан жоғары екендігі белгілі болды. Бұл артықшылық мембраналық бөлу технологиясының көптеген

артықшылықтарымен түсіндіріледі, оған төмен капиталды салымдар, орнатудың және пайдаланудың қарапайымдылығы мен жеңілдігі, техникалық қызмет көрсетудің төмен талаптары, жеңіл салмақ пен бос орын және жоғары технологиялық икемділік кіреді. Сонымен қатар, мембраналық бөлу қоспаларды қажет етпейді және оларды жоғарғы температурада жұмыс істейтін басқа термиялық бөлу процестерімен салыстырғанда төмен температурада жүргізуге болады.

Биологиялық жолмен сутек өндірісінің бір түрі – қараңғы ашыту. Қараңғы ашытуда бактериялар субстратқа әсер етіп, сутек түзеді. Қараңғы ашытуға арналған субстрат лигноцеллюлозды биомасса, өнеркәсіптік ағынды сулар, қант бар өсімдік қалдықтары және тұрмыстық қатты қалдықтар сияқты көмірсутекті материалдар болып табылады. Бірінші кезеңде биомассаны алдын ала өңдеу қараңғы ашытудың тиімділігіне үлкен әсер етеді.

Қараңғы ашыту нәтижесінде пайда болған сутек, негізінен  $H_2$  (сутек) және  $CO_2$  (көмірқышқыл газы) газ қоспасын және айтарлықтай мөлшерде ұшпа май қышқылдары бар сұйық ағынды суларды шығарады. Сондықтан өндіріс сатысынан кейінгі әдістер кем дегенде екі мақсатқа ие болуы керек:

- сутек газын отын элементтерінде тиімді бастапқы материал болу үшін тазарту керек;

- ағынды сулар қалдық және органикалық заттарға байланысты одан әрі өңдеуді немесе пайдалануды қажет етеді. Шын мәнінде, сутек сапасын жақсарту үшін  $CO_2$  алынып, басқа биоөнімдерге айналдырылуы керек.

#### **Зерттеу жұмысының мақсаты**

Жылу энергетикалық қондырғысын экологиялық таза және жоғары калориялы отынмен қамтамасыз ету үшін, интегралдық мембраналық биореакторлардағы газдарды бөлу процесінің гидродинамикалық және масса тасымалдау моделін құрастыру.

Айтылған мақсаттарға жету үшін келесі **міндеттерді** шешу қажет:

1. Сутек және көмірқышқыл газдарының мембраналық бөліну процесінің гидродинамикалық модельдерін сипаттау;

2. Концентрациялық поляризацияның әсерін зерттеу үшін ламинарлық ағындағы мембраналық бөлудің негізгі гидродинамикалық моделін құру;

3. Гидродинамикалық модельді қолдана отырып, масса тасымалдау коэффициентін есептеу әдістемесін жасау;

4. Аралық бөлгіштердің әр түрлі орналасуына байланысты кеуекті мембрана арқылы көлденең ағынның гидродинамикалық және масса тасымалдау моделін құру.

#### **Зерттеу нысаны**

Газдарды бөлуге арналған спиральды оралған мембрана.

#### **Зерттеу пәні**

Интегралдық мембраналық биореакторлардағы газдарды бөлу кезінде пайда болатын концентрациялық поляризацияны зерттеуге арналған есептеу гидродинамикалық (CFD) моделі.

#### **Зерттеу әдісі**

Мембрана бетіндегі концентрациялық поляризация әсерін зерттеудің негізгі әдісі Ansys Fluent ортасында компьютерлік модельдеу болып табылады. Үзіліссіздік теңдеуі мен Навье-Стокс теңдеуін, импульстің сақталу заңын және тасымалдау теңдеулерін, ламинарлық және турбулентті ағын режимдеріне арналған есептеу әдістерін қолдана отырып, тұтқыр ағынның негізгі теңдеулерін теориялық тұрғыдан шешу үшін соңғы көлем әдісі қолданылады.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:**

1. Мембраналық канал кірісіндегі сутек және көмірқышқыл газ қоспаларының жылдамдығы артқан сайын тангенциалдық кернеу артады және концентрациялық поляризациялық шекаралық қабатының канал ұзындығы бойынша максималды қалыңдығы Рейнольдс санының  $Re=200 \div 800$  диапазонында  $\delta(x)=0,293 \cdot 10^{-3}$  м-ден  $\delta(x)=0,152 \cdot 10^{-3}$  м-ге дейін өзгереді.

2. Аралық бөлгіштерді ағын орағыта аққан кезде Шервуд санының орташа мәні аралық бөлгіш жоқ жағдайға қарағанда 1.5 есе жоғары, бұл аралық бөлгіштерді орағыта аққан кезде пайда болатын құйындардың әсерінен масса тасымалдаудың артатындығын көрсетеді.

3. Аралық бөлгіштердің мембраналық канал ортасында сызықтық орналасуы, қарастырылған Рейнольдс санының барлық мәндері ( $Re=200 \div 800$ ) үшін, аралық бөлгіштердің шахматты орналасуымен салыстырғанда жоғары масса тасымалын қамтамасыз етеді.

#### **Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы, алғаш рет:**

1. Сутек және көмірқышқыл газ қоспаларының кеуекті мембрана арқылы көлденең ағынның ламинарлы режимде негізгі гидродинамикалық моделі жасалып, масса тасымалдау коэффициентінің аналитикалық есептеу әдістемесі әзірленді;

2. Аралық бөлгіштердің үш түрлі орналасу конфигурациясында сутек және көмірқышқыл газ қоспаларының кеуекті мембрана арқылы көлденең ағынның турбулентті режимде 2D гидродинамикалық және масса тасымалдау моделі жасалды;

3. Биосутек өндірісін жақсарту және оңтайландыру мақсатында мембраналық каналдағы аралық бөлгіштердің масса тасымалдауға әсері зерттелді.

#### **Жұмыстың ғылыми-практикалық маңыздылығы**

Диссертациялық жұмыста жасалған гидродинамикалық модельдеудің нәтижелері экологиялық таза және өзіндік құны төмен биосутекті өндіруде зор маңыздылыққа ие.

#### **Дәлелділік пен нақтылық дәрежесі**

Сандық зерттеу жұмыстары лицензияланған Ansys FLUENT бағдарламалық жасақтама пакеті (Ansys, Inc., АҚШ) арқылы жүзеге асырылды.

Гидродинамикалық модельдің дұрыстығы, аналитикалық және эксперименттік мәліметтермен тексеріліп, сәйкестігі дәлелденді. Сонымен қатар, диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығы ҚР ҒжЖБМ Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті (БҒССҚЕК) ұсынған басылымдарда, импакт-факторы нөлден жоғары алыс шетелдердің

журналдарында және халықаралық конференциялардың еңбектерінде жарияланымдардың болуымен расталады.

### **Автордың өзінің қосқан үлесі**

Диссертацияның толық көлемін жазуды, сандық зерттеу әдісін таңдауды, Ansys FLUENT жасақтама бағдарламасында мембраналық бөлу процестерінің гидродинамикалық және масса тасымалдау моделін жасауды, модельдеу барысында алынған нәтижелерді өндеуді және талдауды автордың өзі дербес жүзеге асырған. Міндеттер мен тапсырмаларды белгілеу және нәтижелерді сараптау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

### **Диссертациялық жұмыстың апробациядан өтуі**

Жұмыстың негізгі нәтижелері баяндалған және талқыланған жерлер:

– «Sustainable Processes, Sustainable Systems, Sustainable Environment», халықаралық ғылыми конференциясы, София, Болгария, 8 қараша 2019 ж.;

– «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы, Алматы, Қазақстан, 6-9 сәуір 2020 ж.;

– «Білім беруді, ғылыми өндірістерді және энергияның баламалы көздерін инновациялық дамыту» халықаралық ғылыми конференциясы, Алматы, Қазақстан, 23 желтоқсан 2020 ж.

### **Диссертация тақырыбы бойынша жарияланымдар**

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 8 ғылыми баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде 4 жұмыс халықаралық конференцияларда (3 тезис түрінде және 1 мақала түрінде), 3 мақала философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін БҒССҚЕК-і ұсынған ғылыми басылымдарда, 1 мақала Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін ғылыми басылымдарда.

### **Диссертация құрылымы мен көлемі**

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 44 сурет, 4 кесте, 61 формула, 117 әдебиеттер тізімі мен 88 бетті қамтиды.