

**6D070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығының  
PhD докторанты О.В. Жирнованың  
«Биогазды жағу үдерісін басқару мен диагностикалаудың  
автоматтандырылған жүйесін құру»  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
ТҮЙІНДЕМЕСІ**

«Биогазды жағу үдерісін басқару мен диагностикалаудың автоматтандырылған жүйесін құру» тақырыбындағы диссертация жұмысы биогазды жаңартылған энергия көзі ретінде пайдаланудың өзекті зерттеулерін жүзеге асыру мақсатында жазылған.

Адамзат дамуының қазіргі кезеңінде энергетикалық ресурстардың алатын рөлінің артып келе жатқандығы жұмыстың өзектілігіне арқау болды. Қазіргі уақытта көмірсудегі шикізаттарының (мұнай, газ, көмір) тапшылығы мен баға қымбатшылығы салдары, оларға баламалы жел, күн сияқты табиғи энергия көздерін іздеу қажеттілігін тудыруда. Бұл мәселенің маңызды шешуші бағыты биоотынды (ауыл шаруашылығы, ағаш және ағаш өңдеу өнеркәсібінің қалдықтарын өңдеп, қайта пайдалану) пайдалану болып табылады. Дегенмен, мұндай қалдықтарды тікелей пайдаланып, өртеу тиімсіз болып келетіні белгілі, сондықтан да газдың «генераторы» немесе «синтезін» алу үшін биоотындарды газдандыру үдерісін жүзеге асыру арқылы алған біршама тиімдірек болып табылады, сонымен қатар оны энергетикада да, химиялық өндірісте де пайдалануға болады. Сонымен қатар пайдаланылатын шикізаттың біртектілігі, газдандырудың химиялық реакцияларының күрделілігі мен алуан түрлілігі алынатын генераторлық газдың (синтездік газдың) жылу құнын арттыру қажеттілігі диагностикалық және технологиялық үдерістің тиімді жүйесін құруды қажет етеді.

Биомассаны газдандыру үдерісін зерттеудің өзектілігі сол бұл технология кешенді міндеттерді бірден, бір уақытта шешуге мүмкіндік береді, біріншіден жылу мен энергия өндірісі үшін сапасы төмен және жаңартылған ресурстарды бір мезгілде пайдалануға болатынын көрсетсе, екіншіден, бұл технология метанол, синтетикалық сұйық отын, жоғары сапалы спирттер сияқты бағалы шикізаттарды өндіруге пайдаланылатын синтез газды алуға мүмкіндік береді. Үшіншіден, буды газдандыру үдерісі отынды үнемдеу құралы (газдандырудың өзге де технологияларымен салыстырғанда) ретінде әрекет ете алады, сондықтан да ол ресурсты үнемдеуші технология болып есептелінеді. Биомассаны энергетикалық мақсатта пайдаланудың тағы бір өзектілігі сол, ол өндірістік, тұрмыстық, ауылшаруашылық және ағаш қалдықтарын, қоқыстарын біріктіріп, бу газдарын таратудың көлемін азайтып, қоғамға экологиялық тұрғыдан да пайда келтіреді.

Өндірістердегі энергияқуатын үнемдеу мәселелерін шешу үшін аталмыш отын түріне өту пиролизге негізделген энергияны үнемдейтін озық технологияларды пайдаланумен немесе бастапқы шикізатты газдандыру және

қондырылған циклдағы энергетика мен жылу жүйесінің аралас шығару арқылы жүзеге асырылуы керек.

Жұмыстың мақсаты үдерісті басқару мен диагностикалау алгоритмін жасау арқылы биоотынды газдандыру үдерісінде автоматтандыру жүйесін құру. Жұмыстың негізгі мақсаты биомассаны газдандыру үдерісін диагностикалау мен басқаруды зерттеу және дамыту болып табылады: зерттеуде анықтаушы параметрлердің әсері биомассаның газдану үдерісінің кинетикалық заңдылықтарына бағынады; биомасса құрамын синтез газының құрамына әсерін зерттеу эксперименті: биомассаны газдандырудың математикалық моделін жасау және технологиялық үдерісін есептеу әдісі; биомассаны газдандыру үдерісінің оңтайлы параметрлерін құру, сонымен қатар автоматтандырылған құрылғыны жүйелік талдау және синтездеу, биомассаны газдандыру үдерісін басқару және диагностикалау жүйесін құру. Алға қойылған міндеттерді жүзеге асырудың негізгі мақсаттарының бірі газдандыру үдерісін зерттеуге арналған биомассадан алынатын отынды жасайтын әмбебап демонстарциялы құрылғы шығару болатын. Бұл мақсатқа біз толығымен қол жеткіздік:

Негізгі міндеттер:

Алға қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін төмендегідей міндеттер шешімін тапты:

1. Технологиялық кешендердің автоматтандыру нысаны ретінде сыналуы, үдерісті басқару жүйесін жасаудың міндеттерін анықтау;

2. Физико-химиялық, жылу және гидродинамикалық заңдылықтар үдерісін талдау негізінде биомассаны газдандыру үдерісінде математикалық моделдеу жүйесін құру;

3. Үдерістің технологиялық режимін зерттеу және математикалық үлгілеудің (модельдеудің) параметрлік сәйкестіктерін анықтайтын эксперимент жүргізілді;

4. Реактор биіктігіндегі технологиялық параметрлерді бөлуді ескере отырып, үдерісті басқару жүйесінің құрылымы жасалды;

5. Басқару каналдарының динамикалық сипаттамаларын бағалау үшін автоматты және өзіндік корреляциялық функция және тиісті спектрлік тығыздық өлшемін анықтаудағы статистикалық әдістер үдерісін зерттеу жұмыстары жүргізілді;

6. Үдерісті басқару мен диагностикалау алгоритмі жасалды;

7. Биоотынды газдандыру ұдарысын автоматтандыру жүйесін жобалау және сынақтан өткізу жұмыстары жүргізілді;

8. Биомассаны газдандыру үдерісін басқаруды салыстырмалы талдау және зерттеу жұмыстары, биомассаның газдану үдерісінің физико-химиялық талдау жұмысы, биомассаның газдану үдерісін анықтайтын басқарудың басқа да жаңа әдістері жасалынды;

9. Әртүрлі газификацияланатын заттардың көміртекті материалдармен өзара әрекеттесу заңдылықтарының газдану технологиялары зерттелді;

10. Атмосфералық қысымның үстіңгі қызған бу ағымы мен температураның әсері және биомассаның газдану әрекеті кезіндегі

шикізаттың түрі жүйелерді құрудың жаңа тәсілдерін әзірлеу үшін алынған синтез газының сипаттамасы, өндірісті жылумен, электр энергиясымен және синтез-газбен қамтамасыз етуі зерттелді.

11. Осы үдеріске негізделген математикалық моделдеу және кинетикалық параметрлерді алуға жұмсалатын газдану үдерісінің сипаттамасы жасалды;

12. Биомассаны газдандыруды қондыру жұмыстарының қолайлы режимін жасау және бағалау;

13. Биомассаны газдандыруды қазба отын газификаторымен орнатудың сызбалық диаграммасын жасау;

14. Басқару жүйесі моделінің параметрлері анықталып, имитациялық үлгілеу арқылы басқару алгоритмінің тиімді жұмыстары сынақтан өткізілді;

15. Басқару стратегиясы анықталды және басқару жүйесінің құрылымы даярланды.

Жұмыстың идеясы. Биоотынды газдандыру үдерісін тиімді басқару міндеттері бөлінген параметрлермен нысанды басқарудың көпқырлы жүйесімен қаралды, жоғары деңгейде қажетті температураны тарату негізінде жүзеге асырылды, төменгі деңгейде есептеу режимін тұрақтандыру жағдайында жүзеге асырылды. Арналарды тұрақтандырудың динамикалық сипаттамасын бағалау үшін статистикалық әдістер пайдаланылды.

Зерттеу нысаны ретінде биомассаны газдандыру үдерісін басқару жүйесі алынды.

Биомассаны газдандыру үдерісін басқару және диагностикалауды үлгілеу, оптимизациялау және құру әдістері зерттеу пәні болып табылады.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық зерттеудің әдіснамалық базасы ретінде математикалық үлгілеу әдісі, жүйені синтездеу және құрылымдық талдау әдісі, бөлінген параметрлер жүйесін басқару теориясы, статистикалық динамика әдісі алынды. Үлгілеудің (модельдеудің) құралы ретінде келесідей заманауи қолданбалы бағдарламалар пакеті пайдаланылды: Math Lab. MP Lab. Mathcad. Coinzol. Fluent.

Ғылыми жаңалығы. Газдандырудың күрделі технологиялық үдерісінің аналитикалық математикалық модельін құру, үдерісті басқару мен диагностикалау құрылымы мен алгоритмін синтездеу үшін бөлінген параметрлер және статистикалық динамикалар жүйесін басқару әдістерін қолдану диссертациялық жұмыстың жаңалығы болып табылады.

Талдау нәтижесінде газдандыру талаптарына жауап беретін әмбебап кинетикалық параметрлермен қоса биомасса құрамының есебі алынды.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелері өте өзекті және практикалық қызығушылық тудырып отыр. Диссертациялық жұмыста жасалған зерттеулер және алынған нәтижелер университеттің зертханаларында, жылу және электр энергиясының аралас шығуының бастапқы отынды газдандыру және үздіксіз пиролиз негізінде жылуды алуда заманауи технологияларды оқыту мен талдауда, пайдаланылады.

Зерттеу барысында жасалынған жұмыстар: газ тәріздес заттар қалыптасуының кинетикалық заңдылықтарын зерттеу және көмірөндіру

мен көмір байыту базаларындағы шикізат қалдықтары негізінде газданатын қатты қалдықтарды өңдеу; су буларының ортасында биомассаны газдандыру үдерісін есептеу әдісін жасау (бірқалыпты тараған кезде); биомассаның газдану үдерісін технологиялық есептеуге арналған математикалық модель мен әдіс жасап шығару; биомассаны газдандыру үдерісінің оңтайлы параметрлерін анықтау; ҒЗЖ нәтижелері негізінде жасалған бағдарламаны оқу үдерісіне енгізу. Эксперимент жұмысы кезінде су буының шығынын және дифференциалды қысым көрсеткіштеріне негізделген сутегі мен оттегінің қоспасын өлшейтін термодинамикалық әдістер, қыздыру құралындағы температураны контактілі және контактісіз өлшеу әдісі, биомассаның ауа өткізгіш қабаты, синтез газын хроматографта және ағындық газ анализаторында талдаудың стандартты әдістері қолданылды. Математикалық моделдеу кезінде келісілген математикалық моделдеу мен тексерілген сенімді әдістер пайдаланылды.

Зерттеу әдістеріне газдандырудың температуралық жағдайына әсер ететін белгіленген эксперименттік зерттеулер кіреді, олардың ішінде мысалы үшін синтез газының сапалық құрамын алу үшін шикізаттың өзіндік қасиеттерінің сандық көрсеткіші әсер етеді; алынған үлгіні интеракция-интерполяция әдісімен көміртегі бар заттарды газдандыру үдерісін модельдеу үшін пайдаланады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы төмендегіше белгіленді:

1. Қажетті талаптарға жауап беретін биомассаның газдану үдерісіне арналған басқару жүйелерін құруға әдістемелік қолдау жасалған.
2. Биомассаны газдандыру үдерісін басқару және диагностикалау жүйесін жасау.

Диссертация жұмысы ғылыми-зерттеу жұмысының тақырыптық жоспарына сәйкес Люблин ғылыми-зерттеу институтының (Q/ZK/P/15/04/A техникалық рәсімделген) зертханасында орындалды. Зерттеу нәтижесінде кинетикалық заңдылықтарға сәйкес биомассаны газдандыру кезінде газ тәрізді заттар мен қатты қалдықтар оксид және көміртегі диоксидінің, сондай-ақ сутегі мен метанның бөлетінін анықтадық. Биомассаны бумен өңдеу кезінде бірдей температурада карбондалған көміртегі конверсиялауымен салыстырғанда сутегінің шығымдылығының артықшылығы байқалады, ал шихтадағы сұйықтық 30% жоғары болса синтездегі газ сутенігінің мөлшері тұрақталып, биомассаны газдандыру кезінде оның сыртқа шығуына сәйкес келеді. Шихтаның ішінде ағаш қалдықтарының болуы әртүрлі жағдайларда көмірқышқыл оксидінің шығуы мен көмірқышқыл диоксидінің бөлінуін азайтады.

Көмір өндірістерінің қалдықтарын газдандырудың технологиялық үдерісін есептеу әдістемесін жасауда қарсы, үздіксіз жұмыс істейтін газды реттегіш құрылғының эскизді нұсқасын ұсынамыз. Технологиялық үдеріс моделін жасағанда бірөлшемді жақындатқыш автотермальды қабатты газдандыру моделі негізге алынды. Бұл қабатта бу шығыны айналатын монофракциялы көмір толтырмасы болады. Автотермальды бу газдандыру құрылғысынан айырмашылығы сол, бұл жерде тотығу аймақтары болмайды.

Модельдің теңестіру жүйесі газ фазасының компоненттерін тасымалдау, газ фазасының энергиясын теңестіру, қатты фаза компоненттерін тасымалдау теңдігін, энергияның қатты фазасының теңдігін реттейді. Алға қойылған шектік міндеттер сандық түрде шешілді. Моделді тексеру үшін будың бастапқы температурасы 300°C кем емес жылумен басталған аналитикалық шешім пайдаланылды. Бұл жағдайда инертті жылудың міндеті аналитикалық шешім болып табылады.

Газдандыру үдерісінің тиімді параметрлерін орнатуда бастапқы кері ағынды газификатор қабаттарының параметрлері 50 кВт құрайтын бу тасқынының жылу қысымымен байланысты болған. Таңдалған тиімді негіздер бағамдары: 1) көміртегінің массасы 1% (масс.) аспайтын құрамдағы органикалық шикізаттың газдану жолы, еріту құрылғысының реакторға кіретін бастапқы құрамынан геометриялық көлемі, бу және қатты фазаның шығын және термодинамикалық параметрлері болып табылады. 2) газ өнімінің жануының максималды қызуы. Есептеп шығару нәтижесінде кері ағынды шахталық газдану қабатының моделі негізінде органикалық шикізаттың газдану үдерісі үшін тиімді параметрлерді анықтау әдістемесі жасалынды.

Кинетикалық заңдылықтарды зерттей келе биомассаның газдануы кезінде газ тәрізді заттар мен қатты қалдықтардың түзілуін анықтаған нәтижелелер көрсетіп отырғандай, үдеріс жасау жағдайында газданған өнімнің пайда болуы бөлшектердің алдымен жоғары қабатында басталады және көміртегін жойған газдар жәймен ішке еніп, минералды каркастарды жұқартады. Бұны бізге үдеріс ағымы кезінде бөлшектердің жоғары құрамы мен рельефтің өзгеріске ұшырауы көрсетіп отыр.

Газданудан түзілетін қатты қалдықтарды зерттеу растрлы (сканерленетін) электронды микроскоп әдісі арқылы JED 2300 микроанализіне арналған приставкада JEOL JSM6390 SEM электронды микроскопымен сканерленіп жасалды.

ҒЗЖ нәтижелерін пайдаланатын негізгі салалардың бірі, жоғары калориялы отын, синтез газ, синтетикалық сұйық отын және кокс алу мақсатында пайдаланылатын, жоғары температурамен ысытылатын су буының атмосфералық қысымында биомассаны мобильді реакторлы газдандырудың әмбебап технологиясы. Үздіксіз жұмыс жасайтын кері ағымды газдандыру үдерісі негізінде биомассаны бу арқылы газдандырудың технологиялық үдерісінің есебін шығару моделі құрылған және әдістемесі жасалған. Будың бастапқы температурасы 300°C кем емес жылумен басталған инертті қыздыруда аналитикалық шешім пайдаланылды. Сандық есептеулер нәтижесінде қысымы 50 кВт болатын кері ағымды қабатты газдандыру моделінде биомассаны газдандыру үдерісі үшін тиімді параметрлерді анықтау әдістемесі жасалынды, онда тиімді параметрлердің екі бағамы анықталды: газ өнімін қыздырудың ең жоғарғы жылуы және органикалық бөлік конверсиясының дәрежесі 99% кем емес. Үдерістің жүру уақытында бөліктердің жоғарғы құрылымдары мен рельефтерінің өзгерісі, газданудан кейінгі бөлік құрамдарын талдау нәтижелері негізінде, біз

ұсынып отырған тәсілді қолдану қиын қолжетімсіз жерлердегі, тіпті газдану үдерісі кезінде де көміртекті толығымен өңдеп шығару нәтижесіне қол жеткізуге көмектеседі деп айта аламыз. Оқу үдерісінде «5B070200-Автоматтандыру және басқару» мамандығының студенттері үшін «Биомассаны газдандыру үдерісін автоматтандыру» бөлімін оқытқан кезде осы ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелерін пайдаланамыз.

Тәжірибелі горизонтальді реакторда биомассаны газдандыру үдерісінің физика-математикалық моделі жасалынды.

Жұмысты апробациялау. Жұмыстың негізгі нәтижелері мен қағидалары келесідей орындарда баяндалып, талқыланды: 2016 жылы Қазақстан Республикасы тәуелсіздігінің 25-жылдығына арналған «Бәсекеге қабілетті техникалық ғылым мен білім» тақырыбындағы Халықаралық Сәтбаев оқулары; «Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар: Білім. Ғылым. Тәжірибе» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қазақстан, Алматы, 3-4 желтоқсан, 2015; Бүкілресейлік ғылыми-практикалық конференциялар (халықаралық қатысумен) 5 желтоқсан 2014, Башқортстан Республикасы, Нефтекамск қаласы, т.3; «Құрылыстық индустриядағы инновациялық технологиялар» халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қазақстан, Алматы, КазГАСА 2014ж.; «Энерготімділігі және модернизация: өзекті мәселелері және даму бағыттары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, 2013ж.; Materials of the iv international conference 'global science and innovation ', 12-13march, USA, Chicago. 2015.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша барлығы 17 ғылыми жұмыс жарық көрді, олардың 5 ҚР ККОН Комитеті ұсынған журналдарда жарияланды, 7 баяндама Халықаралық конференциялар мен 2 мақала Scopus базасында, 3 мақала Tomson базасында жарық көрді.