

6D070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша  
(PhD) доктор ғылыми дәрежесін алу үшін жазылған диссертацияның  
**ТҮЙІНДЕМЕСІ**

**ТОЙГОЖИНОВА АЙНУР ЖУМАКАНОВНА**

## **АУАНЫ ОЗОНДАУШЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ҚОНДЫРҒЫНЫ ЗЕРТТЕУ МЕН ӘЗІРЛЕУ**

### **Диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі**

Озон өзінің бірегей бактерицидтік қасиеттерінің және жоғары қышқылды тотығу әрекетінің нәтижесінде адам өмірінің түрлі салаларында, көптеген салалық өндіріс орындарында әртүрлі және кең қолданыс тауып отыр, солардың ішінде ауылшаруашылық саласы мен тағам өнеркәсібінде маңызды орнды иеленуде.

Тағам өнеркәсібінде технологиялық үдерістің тиімділігін арттыратын тәсілдердің бірі озонды ауа қоспасын пайдалану. Бұл көптеген ауылшаруашылық биологиялық нысандарда энергия мен зат алмасудың биохимиялық үдерістерде озонның байланысы бар екенін көрсетеді. Озонды ауа қоспасын пайдалану нәтижелерінде біз өндіріс жұмыстарының жақсарғандығын, энергия сыйымдылығының, бактериялық және вирустық зиянкестердің азайғандығын, ауылшаруашылық тағамдарының толық сақталып, өнім көлемінің артқандығын байқаймыз. Жемісті, көкөністі, дәнді дақылдар мен техникалық дақылдарды сақтаудың жаңа бағыттарының бірі озонды пайдалану. Озондалған ауа стерилизациялау құралы ретінде, азық-түлікті ұзақ сақтау үшін, тоңазтқыштарда және көкөніс сақтайтын қоймаларда жағымсыз иістерді болдырмау үшін (дезодорация) кеңінен қолданылады. Озон жоғары қабатта пайда болатын көгерген қабаттарды, шіріген бөліктерді жояды және көкөністер мен жемістердің бетіндегі бактерияларды өлтіріп, өнімнің ұзақ уақыт тұруы мен балғындығын сақтайды. Этиленді қышқылдандырып, озон жемісті қатты пісіп кетуден сақтайды және де зиянды, токсинді заттардан қорғап, ауаға жағымсыз иістің тарауын қадағалайды.

Озонды әртүрлі салаларда пайдаланатын болғандықтан біз үшін негізінен ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда ғылыми-негізделген технологияны қолданылатын электроозондардыру құрылғысын жасап шығару міндеті өзекті болып отыр.

Тиімділігі жоғары озон технологиясын және озондандырушы құрылғы жасаудың маңыздылығы жоғары және теориялық қағидаларады зерттеу мен экспериментальді талдаулар жүргізуді талап етеді, дегенмен олардың жиынтығы тамақ өнеркәсібінде өте қажетті болып табылатын құрылғыны жасап шығару жобасының жүйесін құрудың ғылыми-негізделген әдіснамалық аппаратын дамытуға мүмкіндік береді.

Тағам өнеркәсібінде озонды пайдаланғанда тағамды өңдеуге арналған озоннан бөлінетін концентрацияға үлкен көңіл бөлу керек. Және де микрофлораның құрамы, температура, ылғал және өзге де озонның қызметіне

әсер ететін параметрлердің технологиялық үдерісінің маңыздылығын ескеру керек. Сонымен қатар, озондандырудың технологиялық үдерісі – параметрлерінің орнықтылығы сипатталмаған, сақтауға қойылған өнімнің бастапқы қасиетін сақтауға бағытталған бейстационарлық жүйесі күрделі инерциялы зат.

ТҚ параметрлері уақытының өзгеруі, ең алдымен, келіп түсетін өнім мен көкөністің құрамының әртүрлілігіне, өндірістің көпноменклатуралығына және де технологиялық құрылғының, көрсеткіштерінің (датчик), жұмыс істеу механизмінің сапасына, ескіруі мен істен шығып қалуына байланысты. Өндірістің көпноменклатуралығы сол ТҚ озондандыруды басқару үшін нысанды басқарудың үлкен көлемдегі моделін немесе тікелей ТҚ моделіне қатысты құрылғыны талап етеді.

Негізгі мәселе сол нысанды басқару моделін құру үшін біраз уақыт қажет. Үздіксіз ТҚ үшін озондандыру дегеніміз нысан моделін құрғанда үнемі шығыс параметрлерін қадағалап тұру қажеттігі, себебі, біз жүргізген тәжірибелерде, шектен тыс өнімнің бұзылуы тұтынушылар талаптары мен техникалық талаптарға сәйкес келмейді.

Сондықтан, зерттеушілер соңғы жылдары бейімді идентификацияда стационарлы емес ТҚ Markovian параметрлерін жасап шығаруға тырысып жатыр. ТҚ озондандыру ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда стационарлы емес параметрлер (сақталатын өнімнің) нысаны ретінде мүмкін әлсіз идентификацияға әкеліп соқтырады, яғни шын мәніндегі уақыт ішінде ТҚ моделін жасау басқару міндетін тудырады. Бұл сияқты стационарлы емес динамикалық нысандарды басқару, жаңа басқару жүйесін қалыптастырудың танымал әдісі болып табылады.

Осыған байланысты, біз таңдап алып отырған диссертация тақырыбының өзектіліне орай, АСУ ТҚ құру мақсатында, озондандыру үдерісінің маңыздылығын ескере отырып және нақты уақытқа бағдарланған заманауи микропроцессорлы құрылғыны басқарудың математикалық моделі мен алгоритімі жасалынып шықты.

**Жұмыстың зерттеу нысаны** «озонатор-көкөніс сақтау» жүйесінде ауылшаруашылық өнімдерін сақтау үдерісін қамтамасыз ететін ауаны озондандыру тәртібі.

**Зерттеу пәні:** Автоматты басқару жиілігі бар озонатор моделі мен әдісін құру және озондандырудың технологиялық үдерісін басқару жүйесін бейімдеу.

**Диссертация жұмысының мақсаты:** Озонатордың жетілдірілген құрылғысы негізінде, ауылшаруашылық өнімдерін жабық орындарда сақтаудың мерзімін ұзарту үшін, ауаны озондандыруды басқару құрылғысын мониторингті және жетелдетіп орнатуды автоматтандыру жүйесін жасау.

Зерттеудің негізгі міндеттері:

1. жабық нысандарда ауылшаруашылық өнімдерін сақтау үшін ауаны озондандыру үдерісін басқару жүйесін автоматтандырудың ғылыми,

технологиялық және техникалық мәселелерін анықтау және сараптама жүргізу;

2. озонизатордың озонның шығуын қадағалайтын негізгі разрядында тоқты арттыру тәсілі мен әдісі негізінде озонизатордың автоматтандырылған басқару жиілігі бар жетілдірілген құрылғысын жасап шығару (яғни ионна-конвекционды сорғы негізінде жұмыс жасайтын озонизатордағы қысымның төмендеуін есептейтін әдіс жасап шығару)

3. ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда ауаны озондандырудың технологиялық үдерісіне бейімделген болжамдық моделдер, сонымен қатар алгоритм синтезін сәйкестендіру үшін нысанды басқаруды сәйкестендіру жүйесін жасап шығару;

4. жасап шыққан математикалық модельді пайдалана отырып, жабық нысанда ауылшаруашылық тағамдарын сақтауда, ауаны озондау үдерісін жедел басқару мен автоматтандырылған басқару жүйесін құру қызметін зерттеу және ұсыну;

5. жабық нысандарда ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда ауаны озондау үдерісін басқару жүйесін жасап шығару және тәжірибелі сынақтан өткізу.

#### **Жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

– бастапқы разрядта ионизацияланған және разрядтық тоқ көлемінің бастапқы разряд аймағында озон тығыздығына байланысты есептік маңыздылығы, бастапқы электродтың конфигурациясы негізінде жасап шығарылған математикалық модель;

– басқарудың көп байланысты көп өлшемді стационарлы емес динамикалық сапасы ретінде сақталынатын ауылшаруашылық өнімдерін озондандырудың технологиялық үдерісінің негіздемесі жасалады, ол үшін алғаш рет коэффициентерге қатысты желілік айырымдық  $q$  теңдеулер жүйесі ретінде аналитикалық сипаттама ұсынылады.

– Бірінші рет ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда озондандырудың технологиялық үдерісін сипаттайтын моделдің әдістемесі жасалады, ТҚ озондандыруды басқару жүйесінің бейімделген және идентификацияланған алгоритм синтезі ұсынылады.

– Жасап шығарылған математикалық модельді пайдалана отырып жабық нысандарда ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда ауаны озондардыру үдерісін жедел басқару мен мониторинг арқылы синтез жүйесінің автоматтандырылған құрылғысын басқару.

#### **Қорғауға төмендегідей ғылыми ұстанымдар шығарылады:**

– бастапқы разрядта ионизацияланған және разрядтық тоқ көлемінің бастапқы разряд аймағында озон тығыздығына байланысты есептік маңыздылығы, бастапқы электродтың конфигурациясы негізінде жасап шығарылған математикалық модель;

– автоматты басқару жиілігінде жоғары кернеулі импульсті қуаттанған бастапқы тосқауыл разрядтағы озонатор;

– сақталынатын ауылшаруашылық өнімдерін озондандырудың технологиялық үдерісін коэффициенттерге қатысты желілік айырымдық  $q$  теңдеулер жүйесі ретінде аналитикалық сипаттама жасайтын математикалық модель.

– ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда озондандырудың технологиялық үдерісін сипаттайтын моделдің әдістемесі жасалады, ТҚ озондандыруды басқару жүйесінің бейімделген және идентификацияланған алгоритм синтезі ұсынылады.

– Ауылшаруашылық өнімдерін озонмен өңдеудің тиімді режимін қамтамасыз ететін басқару алгоритмі.

### **Зерттеу жұмысының практикалық маңыздылығы:**

1. Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде құрғақ ауада сағатына 40-50 грам кВт энергетикалық шығыс озон алуға мүмкіндік беретін тоқ күшін арттыратын жағдай жасалды, соның нәтижесінде озонатордың құрылымын жеңілдедіп, 1г. озонға аз мөлшердегі энергия жұмсалады.

2. Бастапқы-кедергі разрядта біршама жоғары деңгеймен озон бөлетін ОВИ-1 импульсті жоғары кернеулі озонатор дайындалды, сынақтан өткізілді, жасалып шықты.

3. Жұмыс орындарында озон концентрациясын автоматты басқару жүйесі жасалынды.

Жасалынып шыққан автоматтандырылған ауаны озондандырғыш құрылғы төмендегі орындарда ғылыми-эксперименттік, өндірістік сынақтан өткізілді:

- Люблин политехникалық университетінде;

- Қызылорда қаласында орналасқан «Арзан» азық-түлік базарының көкөніс қоймасында.

Диссертация жұмысының ғылыми нәтижелері Любин қаласының (Польша) «Herbarol» компаниясының өнімдерін дайындау мен сақтау үдерісіне енгізілді.

Автордың өзі тікелеу қатысып, қол жеткізген ғылыми нәтижелер төмендегідей:

– Зерттеу міндеттерін анықтап, оларға қол жеткізу жұмыстарын жүргізді;

– Атмосфералық ауаның төменгі қысымында жұмыс жасайтын ауа тазалағыш пен алмасырғыштар үшін жоғары кернеулі импульсті озонатор үлгісін ойлап тауып, жасап шығарды;

– ОВИ-1 озонаторын сынақтан өткізу және экспериментальді зерттеу жұмыстарын жүргізді;

– басқарудың көп байланысты көп өлшемді стационарлы емес динамикалық сапасы ретінде сақталынатын ауылшаруашылық өнімдерін озондандырудың технологиялық үдерісінің негіздемесі жасалады, ол үшін алғаш рет коэффициенттерге қатысты желілік айырымдық  $q$  теңдеулер жүйесі ұсынылады.

– Ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда озондандырудың технологиялық үдерісінің бейімделіп, болжамдалған моделін құрудың әдістемесін жасады;

– Жабық нысандарда ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда ауаны озондандыру жүйесін автоматтандырылған құрылғымен басқаруға және озондандырудың технологиялық жоспарын құруға қатысты.

**Жарияланымдар.** Жасалған зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері негізінде 25-тен астам ғылыми жұмыстар жарияланды, олардың ішінде 1 кітап, 3 предпотент және 3 инновациялық патент, 5 ҚР БЖҒМ бақылау комитеті ұсынған басылымдарда жарияланды.

**Жұмыстың апробациясы:** Диссертацияның негізгі қағидалары 2015 жылы Алматы қаласында өткен «Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын жүзеге асырудағы жас ғалымдардың рөлі мен орны» атты халықаралық Сәтбаев оқуларында, Science conference. WD2016. Lublin, 11 – 13 Czerwca 2016 халықаралық конференцияда, 2016 жылы Қазақстан Республикасы тәуелсіздігінің 25-жылдығына орай өткізілген «Бәсекеге қабілетті техникалық ғылым мен білім» атты халықаралық Сәтбаев оқуларында және Fifth national congress of environmental engineering, Lublin, Poland, 29 may – 1 june, 2016 баяндамалар жасалынып, талқыланды.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі:** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт негізгі мазмұндық бөлімнен, қорытынды мен қосымшалардан және \_\_\_ аталымнан тұратын библиографиялық көрсеткіштен тұрады. Жалпы 167 бетті, 28 сурет пен 17 кестені құрайды.

**Бірінші бөлімде** озон мен микроағзалардың өзара әрекеттесуі және жоғарғы микрофлораның бактерцидті өңделуі және өзге де патогенді бактериялар мен микробтардың араласу үдерісі сипатталады. Қазіргі уақытта өндірістік жабық орындарда озондандыру жұмыстарын жүргізгенде озон концентрациясын автоматты түрде реттейтін мүмкіндіктердің жоқ екені анықталды. Автоматтандырылған жүйе және озонды қолдану құрылғысын талдау нәтижелері көрсеткендей, көкөністерді сақтайтын жабық орындарда озон концентрациясын автоматты түрде басқаратын құрылғылар арқылы жүргізу көп жағдайда өзінің формасы мен әркелкі түрдегі өзгеріп отыратын факторларымен ерекшеленетінін байқатты, өнімдердің сақталу мерзімі мен құнарлылығы көкөніс сақтайтын орындарда ауаны озондандыру режимінің тиімділігін біршама қиындататындығын анықтады. Сол үшін ауылшаруашылық өнімдерін сақтау орындарында озондандыру жұмысын оңтайландыру мақсатында озондандырудың технологиялық үдерісіне бейімді жобалау моделін жасап шығару қажеттігі кеңінен туындап отыр, сонымен қатар басқарудың бейімделген және сәйкестендірілген алгоритмдік синтезі үшін нысанды басқарудың сәйкестік жағдайын туғызу қажеттігі туралы айтылды.

**Екінші бөлімде,** вольтамперлі сипаттама негізінде озон иондарының тығыздығы және корондалған қабаттар шекарасындағы көміртек өлшемі есептелді. Озон иондары үшін үздіксіз теңестірулер негізінде кері ағынды

корондық разряд аймағында нейтралды молекулалар тығыздығы қарастырылып алынды. Разряд аймағында үдерісті моделдеу және корондық диффузионды разрядтық тоқ құрамын құрайтын бөлікті анықтау мақсатында корондық разряд үшін дифференциалды теңдеу жүйесі шешілді. Электрлі жел құрамын озонатор жасауда пайдаландық, ол олозонатор құрылымын жеңілдетуге көмектесті және алынатын озон салмағының бірліктеріне кететін, корондық разряд жағдайында пайда болатын энергошығынын айтарлықтай үнемдеді. Бөлімде кіші аралық электрлік қашықтықта коронды-кедергі ағынындағы озондық элементтерді алу қарастырылды, ол кернеу шамасын айтарлықтау үнемдеп, шағын мөлшерде пайдалануды қамтамасыз етті. Және де озонатордық жаңартылған, жақсартылған жартылай жабылатын режимде жұмыс жасайтын, бөлек орналасқан озондандырушы және электрлі жел жасау үшін корондық элементтер бар үлгісі жасалынды.

**Үшінші бөлімде,** коэффициентке қатысты сызықтық,  $q$  айырымдық теңдеулер жүйесін аналитикалық сипаттау үшін  $p$  кірісі мен  $q$  шығысы арқылы көпбайланысты көпмөлшерлі стационарлы емес динамикалық нысанды басқару нысанында, ауылшаруашылық өнімдерін сақтауда озондандырудың технологиялық үдерісінің негіздемесі ұсынылады. ТҚ озондандырғыш моделінің бейімделген үлгісі жасалынды, сонымен қатар сәйкестендіру алгоритмі синтезделген есепте нысанды басқарулық сәйкестік жүйесі құрылды. ТҚ озондандырғышты басқару моделі үлгісін бейімдеу синтезі алгоритмі құрастырылды. ТҚ озондандырғыштың бейімдік басқару жүйесін тиімді басқару синтезі жүргізілді. Жұмыс орнында озон концентратының автоматты жиілік жүйесі жасалынды. Моделдеу нәтижелері негізінде БАРЧ жұмысының негізгі режимінде МК басқару бағдарламасы мен алгоритмі құрылды. Алынған нәтижелер негізінде өндірістік орындарда атмосфералық ауаны тазалау мен дезинфекциялау үшін озондандырғыш құрылғының автоматтандырылған жүйесі құрылды.

**Төртінші бөлімде,** ауаны озондардырғыш құрылғының автомонтандырылған жүйесі эксперименттен өтті. Экспериментті түрде озонның нақты энергия шығымдылығы мен өнімділігі анықталды. Белсенді идентификацияны пайдалануда бейімделген болжалған ТҚ озондандырғыш үлгісінің параметрлері мен құрылымы бағаланды. Сыналған үлгінің бейімділу өзектілігі мен озондардырудың технологиялық үдерісінің стационарлы емес динамикасын бағамдау жұмыстары жүргізілді. Озондандырудың ұсынылған технологиялық жоспары негізінде өндірістік жағдайларда тәжірибелік сынақтар жүргізілді.