

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ 681.5:622.4

Қолжазба құқығында

Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

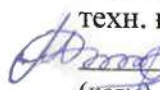
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы
Дайындау бағыты

Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу
7М07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Ғылыми жетекші
к. т. н., қауымдас. профессор
 Жусупбеков С. С.
(қолы)
«19» 06 2025 ж.

Рецензент
PhD, доцент
 Абжанова Л. К.
(қолы)
«19» 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
техн. ғыл. магистрі
 Манатов Қ. А.
(қолы)
«19» маусым 2025 ж.



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Ажб кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.
 Сарсенбаев Н.С.
(қолы)
«06» 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

7М07101 – Автоматтандыру және роботтандыру



Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Магистрант Жанғали Б. Д.

Тақырыбы «Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу»

Б.Жаутиковтың «04» желтоқсан 2023ж. № 548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «19» мауысым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: онтайлы нейрондық желі моделі.

Магистрлік диссертацияда әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

- а) технологиялық бөлімнің сипаттамасы;
- ә) қазақстандағы көмір шахталарындағы апаттарын зерттеу;
- б) платформаның ақпараттық базасын құру;
- в) VMP асинхронды қозғалтқыш жетегінің жылдамдығын басқару алгоритмін құру.

График материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

метан мөлшерінің дәрежесі бойынша таралу диаграммасы

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Заде Л. А. Нечеткие множества. Информация и управление. – 1965. – Т. 8, №3. – С. 338–353.

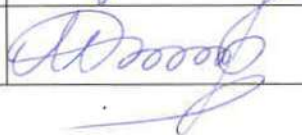
2 Огородников С. Н. Теория автоматического управления: Учебное пособие. – М.: Академия, 2019. – 352 с.

3 Бобылев А. А., Карпов В. Л. Цифровые системы автоматического управления. – СПб.: Питер, 2020. – 416 с.

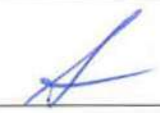
Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Теориялық бөлім	20 қараша 2023 ж.	
Технологиялық бөлім	25 сәуір 2024 ж.	
Практикалық бөлім	20 мамыр 2025 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Жусупбеков С. С. к. т. н., қауымдас. профессор	19.06.25	
Практикалық бөлім	Жусупбеков С. С. к. т. н., қауымдас. профессор	19.06.25	
Норма бақылаушы	Манатов Қ. А. техн. ғыл. магистрі	19.06.25	

Ғылыми жетекші


қолы

Жусупбеков С. С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды


қолы

Жанғали Б. Д.

Күні

«10» 12 2023 ж.

АНДАТПА

Диссертация метанобильді көмір шахталарында, әсіресе Қарағанды бассейнінде аэрогазодинамикалық процестерді бақылау және желдетуді басқару үшін Интеллектуалды платформаны әзірлеуге арналған, онда желдету мен газды бақылаудың кемшіліктеріне байланысты апаттар саны артты.

Өзектілігі желдетуді күрделі тау-кен геологиялық жағдайларына және қауіпсіздік талаптарына бейімдеу қажеттілігімен байланысты. Метанды болжау және төтенше жағдайларды тану үшін нейрондық желілік модельдер, сондай-ақ желдеткіштерді адаптивті басқару алгоритмдері жасалды.

Сенсорларды, сараптамалық ережелер мен болжамды алгоритмдерді біріктіретін интеграцияланған бағдарламалық платформа құрылды. Тиімділігі шахтада расталды. Костенко. Жұмыс "Цифрлық Қазақстан" бағдарламасының мақсаттарын қолдайды және саланың қауіпсіздігін, энергия тиімділігін және орнықтылығын арттыруға бағытталған.

АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена разработке интеллектуальной платформы для мониторинга аэрогазодинамических процессов и управления вентиляцией на метанообильных угольных шахтах, особенно Карагандинского бассейна, где увеличилось число аварий из-за недостатков вентиляции и газового контроля.

Актуальность связана с необходимостью адаптации вентиляции к сложным горно-геологическим условиям и требованиям безопасности. Разработаны нейросетевые модели для прогнозирования метана и распознавания предаварийных ситуаций, а также алгоритмы адаптивного управления вентиляторами.

Создана интегрированная программная платформа, объединяющая сенсоры, экспертные правила и прогнозные алгоритмы. Эффективность подтверждена на шахте им. Костенко. Работа поддерживает цели программы «Цифровой Казахстан» и направлена на повышение безопасности, энергоэффективности и устойчивости отрасли.

ANNOTATION

The dissertation is focused on the development of an intelligent platform for monitoring aerogas-dynamic processes and managing ventilation in methane-rich coal mines, particularly in the Karaganda basin, where the number of accidents has increased due to ventilation failures and insufficient gas control.

The relevance of the study lies in the need to adapt ventilation systems to complex geological and mining conditions and meet industrial safety requirements. Neural network models have been developed to predict methane concentrations and identify pre-emergency situations, along with adaptive control algorithms for local ventilation fans.

An integrated software platform has been created, combining sensor data, expert rules, and predictive algorithms. Its effectiveness has been validated at the Kostenko mine. The work supports the goals of the "Digital Kazakhstan" program and aims to enhance safety, energy efficiency, and the resilience of the coal industry.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	10
1.1 Қарағанды облысының кеніштеріндегі тау-кен-геологиялық және тау-кен-техникалық жағдайларды талдау	10
1.2 Қазақстандағы көмір шахталарындағы апаттар	13
1.3 Қарағанды облысындағы өрттер мен жарылыстардың себептері	15
1.4 Жалпы құрылымы жүйелер газ мониторинг шахталар	18
1.5 Модельге шолу газ-динамикалық процесстерді болжау және шахтаның жеделдетуін басқару алгоритмдері	21
2 Арнайы бөлім	25
2.1 Принциптер аналитикалық құрастыру аэрогаздинамикалық процестерді бақылауға арналған платформалар және шахталардағы желдетуді бақылау. Негізгі тапсырмалар, шешілетін В шеңберінде аналитикалық платформалар	25
2.2 Платформаның ақпараттық базасының құрылымы	26
2.3 Газ-динамикалық процестердің сараптамалық сипаттамасы	32
2.4 Газ-динамикалық жағдайларды тану үшін арнайы (индикативті) айнымалыларды қолдану	38
3 Нейрондық желілер модельдер тану газ-динамикалық жағдайлар және болжау спикерлер концентрациялары	39
3.1 Газ-динамикалық процестерін модельдеу	39
3.2 Талдау деректері. Процедура құрылыстарының модельдері	41
3.3 Оңтайлы нейрондық желі моделін таңдау алгоритмі	48
3.4 Есептеу эксперименттерін жүргізу (парафразаланған нұсқасы)	55
4 Даму алгоритм басқару жанкүйерлер жергілікті желдету бірге пайдалану нейрондық желілер модельдер	62
4.1 Нейрондық желілер модельдерді басқаруды желдетудің шахталар жүйесі	62
4.2 PI контроллерінің параметрлерін нейрондық желінің баптауымен VMP асинхронды қозғалтқыш жетегінің жылдамдығын басқару алгоритмін құру	63
4.3 Костенко атындағы шахтада метанды бақылау және ВМП автоматты басқару жүйесін әзірлеу	72
Қорытынды	78
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	79

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі: Тау-кен металлургия кешені тарихи түрде еліміздің жалпы ішкі өнімі мен экспорттық әлеуетінің елеулі үлесін қамтамасыз ететін Қазақстан Республикасы экономикасының негізгі, жүйе құраушы салаларының бірі болды. Сонымен қатар, тау-кен өндіруші кәсіпорындардың қызметі, әсіресе пайдалы қазбалардың кен орындарын жерасты өндіруі еңбекті қорғау технологияларын үнемі жетілдіруді талап ететін бірқатар қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсерімен тығыз байланысты. Бұл тәуекел құрылымында маңызды, тіршілікті қамтамасыз ететін функцияны шахтаның желдету жүйесі атқарады, оның үздіксіз және тиімді жұмысы өнеркәсіптегі жүздеген мың жұмысшылардың өмірі мен денсаулығына, сондай-ақ тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу мүмкіндігіне тікелей әсер етеді.

Бұл зерттеудің өзектілігін Қазақстанның тау-кен металлургия кешенінің қазіргі даму кезеңіне тән бірқатар факторлар күшейтеді. Біріншіден, өндірісті интенсификациялау, тереңірек горизонттарға көшу және күрделі тау-кен-геологиялық жағдайлары бар қабаттарды игеру, атап айтқанда, Қарағанды бассейнінің жоғары газды көмір кеніштерінде желдету желілерінің конфигурациясын және газды шығару динамикасын айтарлықтай қиындатады. Бұл жағдайлар ауа ағынын басқарудың жылдамдығы мен дәлдігіне сапалы жаңа, жоғарылатылған талаптарды қояды, олармен релелік схемалар мен икемді емес алгоритмдерге негізделген қолданыстағы, көбінесе моральдық және физикалық тұрғыдан ескірген автоматтандыру жүйелері бұдан былай төтеп бере алмайды. Соңғы жылдардағы қайғылы оқиғалар желдетуді басқарудағы шамалы сәтсіздік немесе тиімсіздік апатты салдарға әкелуі мүмкін екенін анық және даусыз көрсетті, бұл түбегейлі жаңа, белсенді қауіпсіздік жүйелерін құру міндетін абсолютті ұлттық басымдыққа айналдырады.

Екіншіден, мәселенің экономикалық аспектісі өткір, өйткені негізгі желдету қондырғыларының үлесі кеніште тұтынылатын барлық электр энергиясының 30-50 пайызын құрайды, бұл өндіріс шығындарының құрылымында айтарлықтай позицияны құрайды. Жаһандық бәсекелестік және өндіріс рентабельділігін арттыруға ұмтылу жағдайында желдету жүйелерінің оңтайлы емес, шамадан тыс режимдерде жұмыс істеуі кәсіпорындар үшін орасан зор экономикалық шығындарға және ұлттық ауқымда энергия ресурстарын ұтымсыз тұтынуға әкеледі.

Үшіншіден, Қазақстан Республикасындағы қолданыстағы нормативтік-құқықтық база, атап айтқанда, Қазақстан Республикасының «Азаматтық қорғау туралы» Заңы және «Көмір шахталарының қауіпті өндірістік объектілерінің өнеркәсіптік қауіпсіздігін қамтамасыз ету қағидалары» салалары шахта атмосферасының параметрлеріне қатаң талаптарды белгілейді және шахталарды бақылау және бақылаудың автоматтандырылған

жүйелерімен міндетті жабдықталуын белгілейді.

Дегенмен, бақылаудың қарапайым болуы оңтайлы және профилактикалық басқару мәселесін шешпейді. Осылайша, желдетудің қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігіне кепілдік берудің заңнамалық тұрғыдан бекітілген қажеттілігі мен қазіргі динамикалық жағдайларда осы мәселені кешенді шешуге қабілетті ғылыми-әдістемелік аппараттың және техникалық құралдардың нақты болмауы арасында өткір ғылыми-техникалық қайшылық қалыптасады. Бұл қайшылықты өзгерістерге бейімделуге қабілетті және болжамды үлгілер негізінде жұмыс істейтін интеллектуалды басқару жүйелерін жасау арқылы шешу «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасының мақсаттарына толығымен сәйкес келеді және өзекті, іс жүзінде маңызды міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты газ-динамикалық процестерді талдау және желдету режимдерін басқару мәселелерін жоғары дәлдікпен шешуді қамтамасыз ететін бір аналитикалық платформа шеңберінде мамандандырылған үлгілерді, алгоритмдерді және бағдарламаларды пайдалану арқылы тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыру болып табылады.

Негізгі зерттеу тапсырмалары:

1) Қарағанды облысының шахталарындағы көмір қабаттарының даму ерекшеліктерін және авариялардың себептерін ескере отырып, газ-динамикалық процестерді бақылауға, қауіпті құбылыстарды тану мен болжауға байланысты ағымдағы мәселелерге талдау жүргізу. Газ факторы жағдайында тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыруға бағытталған қолданыстағы модельдерді, алгоритмдерді және жүйелерді зерттеу.

2) Аналитикалық платформаны құру және пайдалану үшін қажетті мониторинг жүйелерінің және сараптамалық бағалаулардың деректерін қоса алғанда, гетерогенді ақпаратты өңдеу және талдау рәсімдерінің кешенін қалыптастыру.

3) Газдинамикалық құбылыстарды тану және сәйкес процестерді болжау есептерін шешуде қажетті дәлдікті қамтамасыз ететін нейрондық желі модельдерінің жиынтығын жасау.

4) Олардың жұмыс режимдерінің параметрлерін бейімдеуге арналған нейрондық желі әдісіне негізделген жергілікті желдеткіш желдеткіштерді (LVF) басқару алгоритмін әзірлеу.

5) Қарағанды бассейніндегі Костенко шахтасында алынған тәжірибелік мәліметтерді талдау арқылы тексеру.

Міндеттерді шешу үшін қолданылатын әдістеме және зерттеу әдістері : эксперименттік-статистикалық әдістер мен тәсілдер, жүйелік талдау теориясының элементтері, автоматтандырылған және автоматты басқару теориясының элементтері, мәліметтерді өңдеу технологиялары.

Ғылыми ережелер, төзімді қосуды қорғау:

1) Шахта жағдайында аэрогаздинамикалық процестерді бақылау жүйесі шеңберінде тану, болжау және бақылау мәселелерін шешуге арналған аналитикалық платформаның құрылысы мен жұмыс істеу принциптері.

2) Мониторинг параметрлерін түрлендіру кезінде алынған арнайы айнымалыларды қолдану арқылы газ-динамикалық процестерді дамытудағы ауытқуларды ерте анықтауды қамтамасыз ететін газ-динамикалық жағдайларды тану және интерпретациялау модельдері, сондай-ақ желдету режимдерін реттеу бойынша жедел шешім қабылдау үшін қажетті болжау модельдері.

3) Жұмыс параметрлерін адаптивті реттеу үшін нейрондық желі механизмін пайдалануға негізделген жергілікті желдеткіш желдеткіштерді басқару алгоритмі .

1 Технологиялық бөлім

1.1 Қарағанды облысының кеніштеріндегі тау-кен-геологиялық және тау-кен-техникалық жағдайларды талдау

Қарағанды облысы Қазақстандағы Павлодардан кейінгі екінші көмір өндіруші өңір болып табылады. Соңғы мәліметтерге сәйкес, Қарағанды облысында 2024 жылы шамамен 36,5 миллион тонна көмір өндірілді. Бұл республикадағы жалпы өндірістің үштен біріне жуығы (2024 жылы барлығы 112,6 миллион тонна, бұл бір жыл бұрынғыдан 3,2 пайызға аз). Өңірдегі көмір өндіру 2023 жылмен салыстырғанда аздап төмендегенін көрсетеді, бұл өндірісті азайтудың ұлттық үрдісін жалғастыруда. Осыған қарамастан Қарағанды көмір бассейні Қазақстан Республикасының отын-энергетикалық балансының маңызды бөлігін қамтамасыз ете отырып, әлі де шешуші рөл атқарады. Айта кету керек, 2022 жылы облыстан жаңа Абай ауданы бөлініп шықты: оның аумағындағы шахталар 2024 жылы қосымша 7,6 миллион тоннаға жуық көмір өндірді. Жалпы алғанда, тарихи Қарағанды көмір аумағы (қазіргі Абай ауданын қоса алғанда) жыл сайын 40 миллион тоннадан астам көмір өндіреді, бұл ел өндірісінің 30 пайыздан астамы.

Өңірдегі көмір өндіру бірнеше ірі компаниялардың қолында шоғырланған. Жетекші ойынша «Қармет» АҚ – Қарағанды металлургиялық зауытының (бұрынғы ArcelorMittal) жаңа отандық иесі. Теміртау Qarmet Қарағанды бассейнінде негізінен металлургия өнеркәсібі үшін кокстелетін көмір өндіретін сегіз жұмыс істеп тұрған кенішті басқарады. 2023 жылдың соңында бірқатар апаттардан кейін шетелдік инвестор (ArcelorMittal) бұл активтерді мемлекеттік қорға сатып, компания Қармет деп өзгертілді. Жаңа қожайындар кеніштердегі қауіпсіздікті жаңғырту және жақсарту бойынша инвестициялық бағдарламаны жариялады. Қармет (бұрынғы Қарағандыуголь) кеніштеріне Костенко, Ленин, Саранская, Шахтинская және т.б. сияқты ірі кен орындары кіреді, олардың көпшілігінің тарихы тереңде жатыр.

Тағы бір ірі өндіруші – «Шұбаркөл АҚ komir», Еуразиялық Топтың (ERG) құрамына кіреді. Бұл компания Шұбаркөл кен орнын ашық әдіспен өндірумен айналысады және аймақтағы термиялық (тас) көмірдің ең ірі өндірушісі болып табылады. Шұбаркөл кен орнындағы жалпы өндіріс көлемі соңғы жылдары жылына шамамен 12-13 млн тоннаны құрады. Шұбаркөл көмірі электр станциялары мен коммуналдық қажеттіліктерді қамтамасыз етуге жарамды, оның едәуір бөлігі ішкі нарыққа жіберіледі.

Жетекші мыс өндіруші «Қазақмыс» корпорациясына да тиесілі. Қазақмыс құрамына компания 1990 жылдардың аяғында сатып алған екі ірі ашық көмір кеніші, Молодежный (Борлинское кен орны) және Куу - Чекинский кіреді.

Бұл ашық кеніштер Қазақмыстың мыс балқыту зауыттарының отынға қажеттілігінің басым бөлігін қамтамасыз етеді. Мысалы, Молодежный разрезі жылына шамамен 7 миллион тонна көмір өндіреді; Жалпы алғанда, Қазақмыстың көмір бөлімшелері Шұбаркөл кенішінің көлемімен салыстырылатын көлемде өндіреді. Сонымен қатар, облыста көмір секторының шағын кәсіпорындары жұмыс істейді, олар бірінші кезекте жергілікті отын нарығына қызмет көрсетеді. Олардың ішінде «Ақтас» ЖШС-ін атап өтуге болады. «Көмір» және ішкі қажеттіліктерге көмір өндіретін бірқатар жекеменшік ашық кеніштер. Бірақ мұндай шағын кеншілердің жалпы үлесі сала алыптарымен салыстырғанда аз.

Өнеркәсіптің негізгі мәселелері:

— Қарағанды облысының көмір өнеркәсібі бірқатар жүйелі мәселелермен бетпе-бет келіп отыр. Олардың негізгілеріне техникалық, экологиялық, персонал және еңбек қауіпсіздігі мәселелері жатады;

— техникалық мәселелер, тау-кен жабдықтары мен инфрақұрылымының көпшілігі ескірген. Көптеген кеніштер ондаған жылдар бойы дамыды, ал жабдықтың тозуы өндіріс шығындарын және апат қаупін арттырады. Жақында болған төтенше жағдайлардан кейін билік техникалық тексеруді бастады: ескі жабдықтарды пайдаланудан шығару және шахталарды жаңғырту ұсынылды. Компаниялар қайта жарақтандыруға инвестиция сала бастады: мысалы, Qarmet өндірістің технологиялық деңгейін арттыруға бағытталған күрделі жаңғырту жоспарлары туралы хабарлайды. Техникалық базаны жаңарту қауіпсіздік үшін ғана емес, саланың табыстылығын сақтау үшін де қажет.

Қоршаған ортаны қорғау мәселелері, көмір өндірудің қоршаған ортаға елеулі шығындары бар. Кеншілер қалаларының айналасы бос үйінділерге толы – бос жыныстардың үйінділері. Бұл қалдықтар үйінділері (суретте Қарағандыдағы Стахановская шахтасының жанындағы қоқыс үйінділері) жиі жанып, шаң шығарады, ауаның сапасын нашарлатады; тас кейде құрылыс материалдары үшін пайдаланылады, бірақ тұтастай алғанда ол ластаушы көз болып табылады. Көмір қабаттары мен шахталардың метан шығарындылары да климатқа әсер етеді: Қарағанды бассейніндегі шахталар парниктік газдар шығарындыларына айтарлықтай үлес қосады деп бағаланады. Жергілікті жылу электр станцияларында және жылыту үшін көмір жағу да өнеркәсіп орталықтарында (Теміртау, Шахтинск, Қарағанды) жоғары түтінге әкеледі. Осы проблемаларды біле отырып, жаңа инвесторлар мен билік органдары қоршаған ортаны қорғау шараларын жариялайды, мысалы, инвестициялық жоспар Qarmet өңірді жаңғырту мен қоршаған ортаны қорғауға шамамен 3 миллиард долларды қамтиды. Дегенмен, көмір өнеркәсібінің экологиялық ауыртпалығы күрделі мәселе болып қала береді: шығарындыларды тазарту, қалдық аумақтарды рекультивациялау және энергияның таза түрлеріне біртіндеп көшу технологиялары қажет.

Кадр мәселесі, өнеркәсіп білікті кадрлар тапшылығын бастан кешіруде. Кенші мамандығы қиын әрі қауіпті болғандықтан жас мамандар көмір өндіруге барғысы келмейді. Нәтижесінде көптеген шахталарда жұмысшылардың, әсіресе кеншілер мен тау-кен инженерлерінің жетіспеушілігі тіркелді. Мәселені шешу үшін компаниялар мен билік қадамдар жасап жатыр: мысалы, 2021 жылғы апаттан кейін шахтерлердің жалақысын 15-17%-ға көтеру және кадр тапшылығын жою үшін ай сайын кемінде 100 жаңа жұмысшы алу туралы шешім қабылданды. Тағы бір өзекті мәселе – кеншілердің денсаулығы мен еңбек өтілі. Жер астындағы ұзақ мерзімді жұмыс кәсіптік ауруларға әкеледі, ал көптеген кеншілер зейнеткерлікке дейін өмір сүрмейді. Осыған байланысты кәсіподақтар мен депутаттар зиянды жағдайларды ескере отырып, кеншілердің зейнеткерлік жасын төмендетуді талап етуде: 63 жасқа дейін кеншілер ауруының тұтас «букеті» пайда болатыны атап өтіледі. Өндіріске жастардың ағыны төмен күйінде қалып отыр, сондықтан еңбек жағдайлары мен әлеуметтік қолдауды жақсартпай, кадр мәселесі ушығып кетуі мүмкін.

Еңбекті қорғау, кеншілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету – облыстағы көмір өнеркәсібінің басты мәселесі. Қарағанды шахталары көмірдің үлкен тереңдігімен және метанмен қанықтылығымен ерекшеленеді, бұл апаттар қаупін арттырады. Өкінішке орай, жарылыстар мен өрттер жиі болып тұрады. Ең қайғылы оқиға 2023 жылдың 28 қазанында Костенко шахтасында (ArcelorMittal / Qarmet компаниясы) орын алды - метан жарылысы және одан кейінгі өрт 46 кеншінің өмірін қиды. Бұл қауіпсіздік ережелерін сақтау бойынша қордаланған мәселелерді әшкерелеген тәуелсіз Қазақстан тарихындағы ең ірі өндірістік апат. Билік қатал әрекет етті: компания басшылығы ауыстырылды, тексеру және стандарттарды қайта қарау басталды. Президенттің тапсырмасы бойынша АМТ активтеріне құқықтар қауіпсіздік көрсеткіштерін түбегейлі жақсартуға міндеттенген жаңа инвестициялық компанияға берілді. Барлық Qarmet шахталарында нақты уақыт режимінде кеншілерді бақылау және орналастырудың заманауи жүйесі енгізілуде (монтаждау 2025 жылдың соңына дейін аяқталады). Метан атмосферасына бақылау күшейтілуде: диспетчерлер тәулік бойы газ жағдайын бақылайды, сенсорлар мен газсыздандыру жүйелері енгізілуде. Дегенмен, адам факторы мен қауіпсіздік мәдениеті де аз емес назарды қажет етеді: 2023 жылғы апаттан кейін 1996 жылдан бері шахталардағы барлық апаттарды тексеру және алдын алу шараларын әзірлеу үшін арнайы штаб құрылды. Қоғамда заң бұзушылықтарға төзбеушілік те күшейіп келеді – шахтерлерді шағымданғаны үшін жұмыстан шығару (Шахтинскаядағы жұмыс жағдайына шағымданған кенші Николай Девяткин сияқты) резонанс тудырып, қоғам сынына ұшырауда. Осылайша, еңбек жағдайлары мен қауіпсіздікті жақсарту Қарағанды облысының көмір өнеркәсібі үшін таяу жылдардағы абсолютті басымдық болып табылады.

1.2 Қазақстандағы көмір шахталарындағы апаттар

Қазақстандағы көмір шахталарындағы апаттар (2014–2024):

1) 2014 жылдың шілдесі – Метан және К кеніші (Қарағанды облысы). Осы шағын шахтада тазалау жұмыстары кезінде кенеттен метан бөлініп, бір кенші қаза тапты. Қайғылы оқиға газ-динамикалық құбылыстың (метанның күтпеген жиналуы) салдарынан болған апатқа жатқызылды. Болжалды себеп шахтаның газсыздануының жеткіліксіздігі болды, бірақ тергеудің егжей-тегжейлері ашық дереккөздерде қамтылмады.

2) 2017 жылғы 31 тамыз – «Казахстанская» кеніші («АрселорМиттал Теміртау» АҚ, Шахтинск қ.). Таңертеңгі сағат 4-тер шамасында желдеткіш торапта кенеттен метан мен көмір бөлінді. Жер астында 136 адам болған; 132 кенші тез арада жер бетіне шығарылды, бірақ төтенше жағдайдағы үш кенші оқиға орнында қаза тапты. Тағы төрт жұмысшы орташа деңгейде жарақат алып, ауруханаға жеткізілді. Төтенше жағдай орын алған аумақты желдету үшін шахта жұмыстары тоқтатылып, марқұмдардың отбасы компаниядан өтемақы алды. Мемлекеттік тергеу комиссиясы себеп қауіпсіздік ережелерін бұзу емес, табиғи газ-динамикалық апат – метан мен тау-кен массасының күтпеген жерден бөлінуі деп қорытындылады.

3) 2021 жылғы 13 қаңтар – Ленин атындағы шахта (АМТ, Қарағанды облысы). Кеніште бұрғылау жұмыстары кезінде метан мен көмір шаңының тұтануы салдарынан өрт шықты. Апат кезінде 137 жұмысшы жер астында болған, олардың біреуі (бұрғылау қондырғысының машинисі) қаза тапты, қалғандары жарақатсыз эвакуацияланды. Газдың өртенуі Content метанды басқару жүйесіндегі ақауды көрсетеді сенсор және метанның қауіпті деңгейге дейін жиналуына мүмкіндік беретін желдету. Шахта тергеу үшін операцияларды уақытша тоқтатты; оқиға бұрғылау жұмыстарында қатаң желдету тәжірибесінің қажеттілігін көрсетті.

4) 2021 жылғы 7 қараша – Абай кеніші (АМТ, Абай). Таңертең вентиляциялық дрейфте метан газының кенеттен бөлінуі байқалды (3-К10 учаскесі). Шахтада 64 жұмысшы болды; 56-сы су бетіне өзін-өзі құтқара алды, бірақ сегіз кенші босату аймағында болды. Олардың алтауы қайтыс болды, екеуі ауыр жарақаттармен (улану және күйік) тірі қалды. Кеніштегі өндіріс бірден тоқтатылып, оқиға орнына Төтенше жағдайлар министрі Юрий Ильин бастаған үкіметтік комиссия аттанды. Тергеу нәтижелері бойынша, оның себебі газ-динамикалық құбылыс – қолданыстағы нормативтік құжаттарда көзделмеген метан мен көмірдің кенеттен бөлінуі салдарынан болған апат екені анықталды. Қайғылы оқиғаға әкеп соқтырған тікелей қауіпсіздік бұзушылықтары анықталмады, дегенмен комиссия жалпы проблемаларды атап өтті: жабдықтың жеткіліксіз жаңартылуы, мамандардың тапшылығы және газсыздандыру жұмыстарының толық көлемі. Компания қайтыс болғандардың отбасыларына біржолғы жәрдемақы (он жылдық күтімге тең) төледі, ал президент АМТ шахталарында қауіпсіздікті қадағалауды күшейтуді бұйырды.

5) 2022 жылғы 3 қараша – Ленин атындағы шахта (АМТ, Шахтинск). Шахтаның тереңдігінде газ дренаждық ұңғымаларды бұрғылау кезінде метанның кенеттен бөлінуі орын алды. Бұрғылау бригадасының бес жұмысшысы зардап шеккен ауданда болып, оқиға орнында көз жұмды. Қалған кеншілер эвакуацияланды, шахтаның жұмысы тоқтатылды. Бұл апатты тексеру қабаттарды желдету және газсыздандыру жүйесіндегі ақауларды тағы да көрсетті. Төтенше жағдайдан кейін Қазақстан Үкіметі операциялық компанияға қатаң талаптар қойды: қауіпсіздікті жақсарту немесе жұмысты тоқтату. Мәжіліс депутаттары АМТ топ-менеджерлерінің елден кетуіне уақытша тыйым салуды қамтитын шараларды ұсынды, ал президент Қасым-Жомарт Тоқаев АМТ шахталарындағы апаттар санының артуы жүйелі сипатқа ие екенін мәлімдеді. Кәсіпорынның өнеркәсіптік қауіпсіздік стандарттарына сәйкестігіне кешенді тексеру жүргізіп, жаңа қайғылы оқиғалардың алдын алу үшін шұғыл шаралар қабылдауды тапсырды.

6) 2023 жылғы 28 қазан – Костенко шахтасы (АМТ, Қарағанды). Түнде күшті метан жарылысы болды, содан кейін ұзын қабырғада ~ 700 м тереңдікте өрт болды. Апат кезінде жер астында 227-ден 252-ге дейін адам болған, оның 208-і құтқару жұмыстары кезінде жер бетіне көтерілген. 2 шақырымнан астам жұмыс орындарын шарпыған жарылыс толқыны 46 кеншінің өмірін қиды, 20 шақтысы әртүрлі ауырлықтағы жарақат алды. Бұл тәуелсіз Қазақстанның бүкіл тарихындағы құрбандар саны бойынша ең ірі тау-кен апаты. Себептерді анықтау үшін үкіметтік комиссия құрылды; Бас прокуратура тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қауіпсіздік ережелерін бұзу фактісі бойынша қылмыстық іс қозғады. Сол күні Президент Тоқаев қайғылы оқиға орнына келді, 2023 жылдың 29 қазаны жалпыұлттық аза тұту күні болып жарияланды. Мемлекет басшысы «АрселорМиттал Теміртау» компаниясымен инвестициялық ынтымақтастықты тоқтатуды тапсырып, көмір кеніштерін мемлекет немесе жаңа инвестордың бақылауына беру процедурасын тиімді бастады. Бұл оқиға шахтадағы желдету және метанды басқару жүйесіндегі күрделі ақауларды анықтады (алдын ала болжам бойынша, бұл өрттің тізбекті реакциясын тудырған беттегі метан қоспасының жарылуы болды). Бұған жауап ретінде үкімет болашақта осындай апаттардың алдын алу үшін барлық шахталарды толық тексеруді және өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын күшейтуді жариялады.

1.3 Қарағанды облысындағы өрттер мен жарылыстардың себептері

Жұмыс учаскелеріндегі және жалпы шахтадағы метан түзілу көлемдеріне негізделген қауіптілік деңгейі бойынша шахталардың жіктелуі .

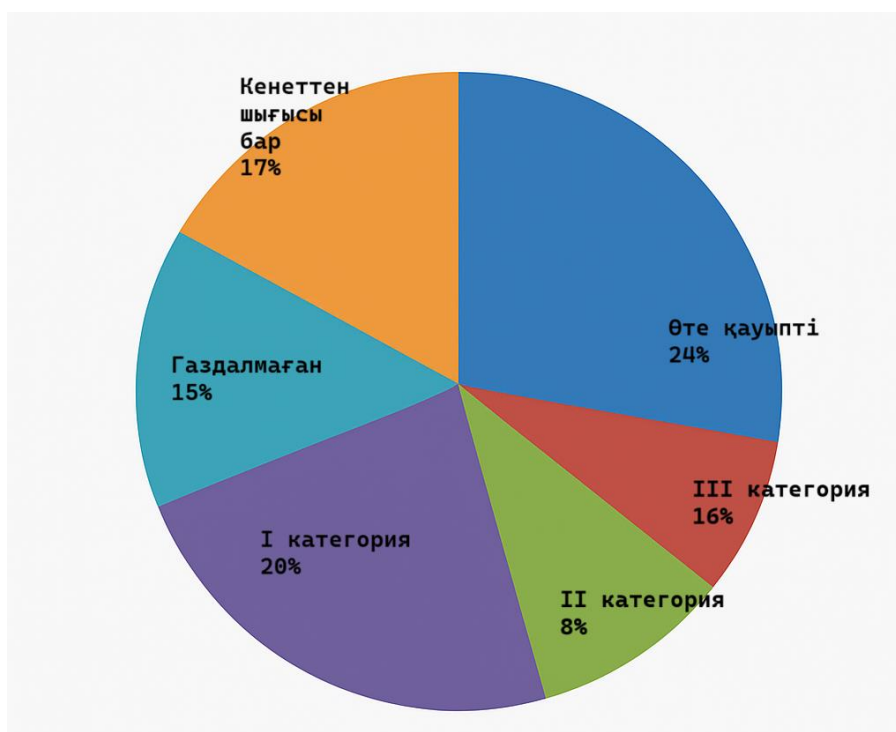
Орташа тәуліктік көмір өндірудің тоннасына бөлінетін метан мөлшеріне байланысты шахталар келесі категорияларға бөлінеді:

- I санат – 5 м³/т кем;
- II санат - 5-тен 10 м³/т дейін;
- III санат – 10-нан 15 м³/т дейін;
- IV санат (супер-санат) - 15 м³/т жоғары немесе газ шығарындылары болған кезде;
- V санат – қауіпті немесе жарылу қаупі бар көмір немесе газ қабаттары бар шахталар;
- VI санат – метанның бөлінуімен қатар жүретін тау жыныстары шығарындылары болатын шахталар.

Шығарылатын метан көлемін (шығынын) жоспарлы өлшеу шахта санатына байланысты әртүрлі жиілікте жүргізіледі:

- газсыз шахталарда, сондай-ақ I және II санаттағы шахталарда - айына кемінде бір рет;
- III санаттағы шахталарда - айына кемінде екі рет,
- суперсанатты және қауіпті аймақтар үшін – айына үш рет.

Метан мөлшерінің дәрежесі бойынша таралу диаграммасы көрсетілген.



1.1 - сурет – Метан мөлшерінің дәрежесі бойынша таралу диаграммасы

Қазіргі уақытта Қарағанды облысында жерасты көмір өндіру бірқатар күрделі және қауіпті жағдайлармен қатар жүреді:

- көмірдің 90%-ы метанның, кенеттен жарылудың және тау жыныстарының жарылуының әсерінен қауіпті шахталарда өндіріледі;
- қабаттардың 65% жарылғыш көмір шаңымен сипатталады;
- қабаттардың 61% өздігінен жануға бейім;
- 49% қабат көмір мен газдың кенеттен бөлінуінен қауіпті;
- қабаттардың 22%-ында тау жыныстарының жарылу қаупі бар.

Жыл сайын тау-кен жұмыстарының қарқындылығы артып, жұмыс істейтін беттердің өнімділігі артады. Бұл өндірістің барлық көлемі бір жоғары өнімді бетке шоғырланған «шахта – ұзын қабырға» құрылымына көшу тенденциясына әкеледі. Мұндай жағдайларда өндіру алаңдарын мұқият жобалаудың және өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын сақтаудың маңыздылығы ерекше артады.

Кен орнында әдетте бірнеше қабаттар бар, оларды игеру кезегімен жүзеге асырылады, олар тау-кен жұмыстарын жобалау және жүргізу кезінде ескерілуі керек. Қарағанды шахталарының көпшілігінде жұптастырылған өңдеулер мен жолақты тіректерді қолдану арқылы өндіру алаңдарын дайындау қолданылады. Бұл тірексіз әдістермен салыстырғанда тау-кен өндірісінің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырады. Беткейлердің ұзындығы 300 метрден асуы мүмкін, ал экстракция алаңдарының ұзындығы 2000 немесе одан да көп метрге жетуі мүмкін. Іргелес аумақтар арасындағы тіректердің орналасуы параллельді, көлбеу немесе перпендикуляр болуы мүмкін, бұл тау жыныстарының қысымының жоғарылауының күрделі аймақтарының (ЖКА) пайда болуына әкеледі.

Газ шығаруы жоғары қабаттарда кері ағынды немесе аралас желдету схемалары жиі газсыздандыру жүйелерімен және метан-ауа қоспасын (МАҚ) оқшауланған жоюмен бірге қолданылады.

Метан (CH_4) – қарапайым көмірсутек болып табылатын түссіз, иіссіз газ. Ол ауадан екі есе жеңіл және суда нашар ериді. Ауада 5-15% деңгейінде болған кезде ол жарылғыш қоспа түзеді. Метан әсіресе қауіпті, себебі ол түссіз және иіссіз болғандықтан, арнайы жабдықсыз адамдарды анықтау қиынға соғады. Жоғары концентрацияда метан улы болады, әсіресе басқа зиянды газдармен қосылса. Сонымен қатар, метан көмірқышқыл газына қарағанда климатқа айтарлықтай әсер ететін белсенді парниктік газ болып табылады. Сондықтан оның кен орындарына және атмосфераға желдету және газсыздандыру жүйелері арқылы шығарындылары қоршаған ортаға кері әсерін тигізеді.

Метанның көптігі бойынша шахта категориясы газ режимі мен жарылыстан қорғау жүйелеріне қойылатын талаптардың қатаңдығын анықтайды. 1.1-кестеде кен қазбаларындағы метанның рұқсат етілген концентрациясы келтірілген, оның жарылғыш қасиеттерін ескере отырып белгіленеді.

1.1-кесте – Кен қазбаларындағы метанның рұқсат етілген концентрация

Орын өлшемдері	Рұқсат етілген метан концентрациясы
Кіріс ағындарында (бөлім орташасы)	0,5 -тен кем
Шығыс ағындарда, қазба және дайындық	1.0 – тен кем
Біліктің тұтастай шығыс ағынында (көлденең қимасы бойынша орташа).	0,75- – тен кем
Жергілікті кластерлерде (кез келген нүкте ағынында).	2.0— тен кем
Газсыздандыру құбырларында.	3.5— тен кем немесе 25.0- көбірек

Қарағанды көмір бассейнінде метанның (CH_4) жоғары мөлшерімен сипатталатын антрацит өндіріледі. Жерасты шахталарындағы көмір қабаттарының метаморфизмінің тереңдігі мен дәрежесіне байланысты метанның молшылық деңгейі өндірілген көмірдің тоннасына 1-ден 3 м³-ге дейін ауытқиды.

Қосымша қауіп – көмір шаңы – ұнтақ түріндегі ұсақ ұнтақталған көмір, ол ауада жанғыш аэрозоль түзеді, жарылуға қабілетті. Жарылыс қаупінен басқа, көмір шаңы жұмысшылардың тыныс алу органдарының ауруларын тудыратын зиянды өндірістік фактор болып табылады. Шаң мына процесте түзіледі:

- комбайндармен және жару жұмыстарымен көмір өндіру;
- бұрғылау тесіктері,
- машиналармен көмірді тиеу,
- конвейерлермен көмірді тасымалдау,
- аралық пункттерде көмірді өңдеу.

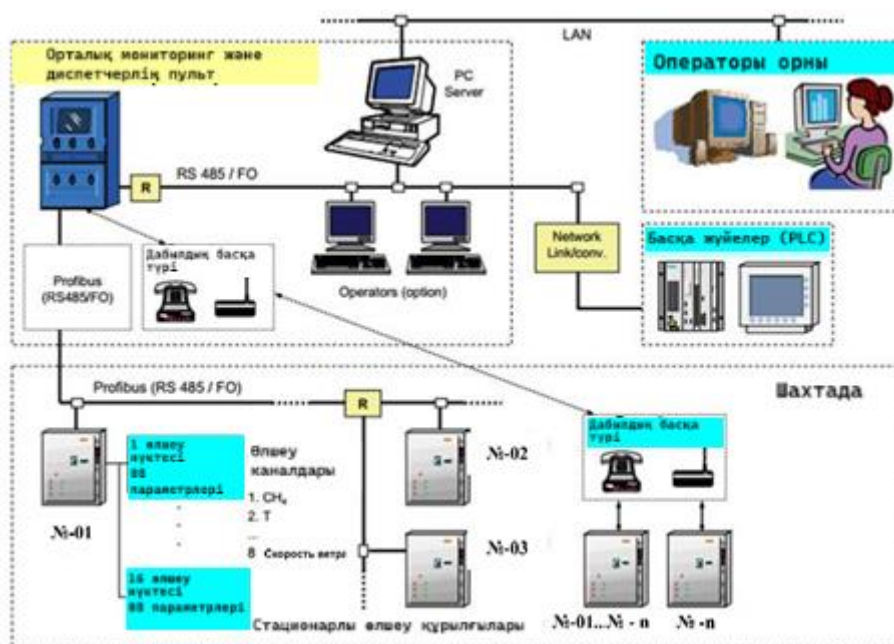
Соңғы 10 жылда Қарағанды облысындағы газға ең бай шахталарда жиналған статистикалық мәліметтерге сәйкес (1.6-суретті қараңыз) метанның шекті рұқсат етілген концентрациясынан (газдану) асып кетудің негізгі себептері:

- электр қуатының үзілуі - 35%,
- жергілікті желдету жүйелерін тоқтату (энергияның үзілуіне байланысты емес) - 13%,
- басқа да техникалық және ұйымдастырушылық себептер – 21%,

— жергілікті желдеткіш желдеткіштердің ақаулары немесе тоқтауы - 22%.

1.4 Жалпы құрылымы жүйелер газ мониторинг шахталар

Қазіргі уақытта бар елдерде дамыған тау-кен өнеркәсібі, мысалы, Жапония, Польша, Австралия, АҚШ, Ұлыбритания және т.б. әртүрлі пайдаланады түрлері жүйелер мониторинг менікі көріністері метан қосулы негіз заманауи ақпараттық технологиялар. Шахталық газ мониторингі жүйесінің жалпы құрылымы екі негізгі бөліктен тұрады (1.2 - сурет).



1.2 - сурет – Жалпы құрылымы жүйелер газ мониторинг шахталар

Жердегі құрылғылар

Бүкіл мониторинг жүйесі өндірістік-диспетчерлік бөлімнің құрамына кіретін Орталық диспетчерлік орталықпен (ОДО) бақыланады. Үздіксіз қуат көзімен (ҰҚК) қамтамасыз етіледі; магистральдық желі істен шыққан жағдайда резервтік қуатқа немесе генераторға автоматты түрде ауысу орын алады.

Жүйенің барлық параметрлері мен деректері орталық басқару орталығында орталықтандырылған түрде өңделеді. Өндіріс персоналы ақпаратқа қол жеткізе алады, бірақ жүйенің жұмысына кедергі жасай алмайды. Техникалық қызмет көрсету қызметкерлері жергілікті желі арқылы жұмыс орындарындағы метан жағдайын бақылай алады.

Жер асты құрылғылары

Кенді бақылау жүйесі мыналарды қамтиды:

— метан (CH₄) датчиктері ұзын қабырғаларда, сондай-ақ тасымалдау, желдету және өңдеу жұмыстарында орнатылады;

— ауа ағынының жылдамдығының сенсорлары бірдей жұмыс орындарында, сондай-ақ негізгі желдеткіш желдеткіштердің (НЖЖ) желдеткіш біліктерінде орнатылады;

— сигналдарды түрлендіру және беру құрылғылары – жер асты құрылғылары мен жердегі басқару орталығы арасындағы байланысты қамтамасыз етеді;

— автоматты қосқыштар – метан концентрациясы белгіленген шекті мәннен ($> 1,2\%$) асып кетсе, қуат көзін өшіріңіз.

Кен қазбаларында метан датчиктерін орнату ережелері:

Өнеркәсіптік қауіпсіздік стандарттарына сәйкес метан датчиктері келесі орындарға орналастырылады:

— тұйық жұмыстың беттік аймағында - беткейден 3-5 м қашықтықта;

— тұйық жұмыстың шығатын ағынында – оның аузынан 10–20 м; Электр қозғалтқыштары бар жергілікті желдеткіш желдеткіштердің (ЖЖЖ) жанында (газ және көмірдің кенеттен шығу қаупі бар шахталарда):

— бет жағына қарай желдеткіштен кемінде 10 м қашықтықта;

— желдеткіштен бет жағына қарай 5-10 м қашықтықта – шығатын ауа ағынымен;

— кіретін желдету ағынының жағындағы желдеткіштен 5 м артық емес - дәйекті желдету схемасымен;

— жылжымалы жоғары вольтты қосалқы станциялардың жанында - қосалқы станциядан 10-15 м, шатыр астында, желдету құбырынан қарама-қарсы жақта;

— тарату пункттерінде (қалқаншалы тау-кен жүйесімен) - нүктеден 10–15 м;

— жұмыс бетінің шығатын ауа ағынында - желдеткіш дрейфте, жұмыс бетімен түйіскен жерінен 10–20 м қашықтықта;

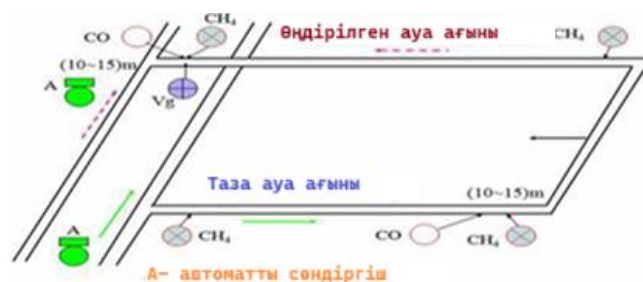
— бұрғылау-жару жұмыстары бар қалқан жүйесімен;

— кіріс торабында - кіріс пешінен 3 м;

— желдету жолағында - кесу беткейінен 3-5 м.

Желдеткіш дрейфтермен (бремсбергтермен) жұмыстардың түйіскен жерінде, ереуіл бойымен ұзын бағаналы қазу кезінде метанды жоюға арналған - дрейфтің қабырғасында, екінші көлік жолының жағынан.

Шамамен схемалар орналастырулар сенсорлар метан үшін көпшілігі Кен өндірудің типтік шарттары 1.3 - суретте көрсетілген.



1.3 - сурет – Сенсорлардың орналасу схемасы



1.7 - сурет – Датчик метан MS-08

1.5 Модельге шолу газ-динамикалық процесстерді болжау және шахтаның жеделдетуін басқару алгоритмдері

Бір-бірімен байланысты жерасты көмір өндіру технологияларының кешенді кешенінің тиімді және қауіпсіз жұмысы оның барлық құрамдас бөліктерінің жүйелі үйлестіруіне байланысты, мұнда орталық орынды мамандандырылған желдету жүйелерімен басқарылатын аэрогаздинамикалық процестер алады. Шахтада қауіпсіз атмосфераны сақтаудың маңыздылығын ескере отырып, ауа мен газ ағындарын басқару тау-кен өндірісіндегі ең жауапты және күрделі инженерлік міндеттердің біріне айналады.

Бұл процестерді басқарудың түбегейлі күрделілігі олардың бірегей сипаттамаларына байланысты: оларды математикалық физиканың классикалық теңдеулерімен қатаң сипаттау мүмкін емес, бұл зерттеушілер мен инженерлерді ең алдымен эмпирикалық тәуелділіктер мен жуықтау модельдеріне сүйенуге мәжбүр етеді. Сонымен қатар, шахтадағы аэрогаздинамикалық процестер желдету желісінің үнемі өзгеретін топологиясымен және параметрлер арасындағы сызықтық емес қатынастармен жоғары көп өлшемділігімен сипатталады, сонымен қатар кенеттен газдың шығарылуы немесе жұмыс геометриясының өзгеруі сияқты көптеген бақыланбайтын және болжау қиын факторлардың тұрақты әсерінен стохастикалық және стационарлы емес сипатта болады. Қауіпсіздік, тиімділік және сенімділік сияқты көптеген бағалау критерийлерінің болуы, нақты ресімделген оңтайлылық критерийлері болмаған жағдайда, басқарудың жалғыз дұрыс стратегиясын таңдауды одан әрі қиындатады.

Осы ерекшеліктерге сүйене отырып, жалпы қабылданған, бірақ бейресми болса да, желдетуді реттеу мәселесін тұжырымдау желдеткіш қондырғылардың жұмыс режимдерін, оның ішінде негізгі және жергілікті желдеткіштерді, сондай-ақ басқару құрылғыларының (мысалы, желдеткіш есіктер мен демпферлер) ағынының учаскелеріндегі өзгерістерді таңдау

қажеттілігінен туындайды, бұл сыни бақылау нүктелеріне таза ауаны жеткізудің жеткілікті көлеміне кепілдік береді. Мұндай манипуляциялардың негізгі мақсаты - жарылыс қауіптілігінің негізгі көрсеткіші болып табылатын метан концентрациясын заңмен бекітілген қауіпсіз деңгейде ұстау, бақылау үшін ең маңызды нүктелер жұмыс беті (ұзын қабырға) және бүкіл өндіру аймағының шығатын желдеткіш ағыны болып табылады.

Неғұрлым қатаң, ресми тұжырымға көшкен кезде шахтаның желдетуін бақылау міндеті басқарылатын параметрлердің өзгеруінің осындай заңдылықтарын іздеуге және іске асыруға айналады – дәлірек айтсақ, реттегіштердің аэродинамикалық кедергісі және шахтадағы желдету желісіндегі желдеткіштер тудыратын қысымдар – бұл жағдайда метанның максималды рұқсат етілген концентрациясынан аспау шарты болады . қатаң қанағаттандырылды, яғни $C(t) \leq C_{dop}$.

$$C_k(t) \leq C_k^*(t) \quad (1.1)$$

— реттеушілердің техникалық сипаттамаларымен шектеледі;
— менеджерлер әсерлері қанағаттандыру жағдай минимум желдетуге жұмсалған қуат.

Метанға бай кеніштердегі желдетуді бақылау саласында үш негізгі зерттеу бағыты пайда болды:

1) Өртүрлі аралықтарда уақыт динамикасын ескере отырып, метан концентрациясын модельдеу және болжау.

2) Метанды ықтимал қауіпті аймақтардан тиімді сұйылту және жою үшін ауа ағынының қажетті көлемі мен жылдамдығын анықтау.

3) Желдету жүйесінің белсенді құрамдас бөліктерінің жұмыс режимдерін зерттеу, оның ішінде күрделі желдету желісі конфигурациясы жағдайында ауа массаларын қайта бөлудің үлгілері мен алгоритмдерін әзірлеу.

1.5.1 Метан концентрациясын болжауды модельдеудің негізгі тәсілдеріне шолу

Бүгінгі күні метан концентрациясын болжау мәселесіне бірнеше әдістемелік тәсілдер әзірленген. Уақыт өте келе метан жағдайының өзгеруі көптеген факторлардың, соның ішінде тау жыныстарының күйі, желдету жүйесінің сипаттамалары мен жұмыс режимі, тау-кен комбайнының жұмыс параметрлері, сондай-ақ басқа да бірқатар технологиялық жағдайлардың бірлескен әсерімен анықталатыны анық.

Белгіленген принциптерге негізделген объектінің математикалық моделін жасау басқару әрекеттерінің белгілі бір өзгерістері шегінде және берілген уақыт аралығында оның сызықтылығы мен стационарлылығын болжауға негізделген.

Қалыпты жұмыс жағдайында (тұрақты ауа ағынының жылдамдығымен) алынған деректерді талдау кезінде қосымша метан шығаруға ықпал ететін

өндірілген кеңістіктің динамикалық сипаттамалары анық болмауы мүмкін. Осыған байланысты белсенді эксперимент кезінде алынған мәліметтерді талдау негізінде объектінің математикалық моделін қалыптастыру ұсынылады.

1.5.2 Алгоритмдерді басқаруды жеделдету

Негізінен ауа ағындарының таралуын реттеуге бағытталған шахтаның жалпы желдетуін басқару алгоритмдерін екі негізгі түрге бөлуге болады:

- Сенсор деректерін пайдаланбай жұмыс істейтін оңтайландыру алгоритмдері,

- Нақты уақыт режимінде алынған жедел ақпарат негізінде басқару жүзеге асырылатын тұйық циклды алгоритмдер.

Жалпы алғанда, автоматтандырылған желдетуді басқаруды дамытуды бірнеше негізгі кезеңдерге бөлуге болады.

Бастапқы кезеңде шахталардағы газ ортасын бақылаудың автоматтандырылған жүйелері әзірленді, олар ТМД елдерінде де, одан тыс жерлерде де кеңінен қолданылды. Бұл жүйелер метан ортасының жедел мониторингінің мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтті және тау-кен жұмыстары кезіндегі қауіпсіздік деңгейін айтарлықтай арттырды. Кейіннен бұл жүйелердің дамуы оператордың қатысуымен ауаны бөлудің қажетті режимдерін қашықтықтан реттеуге мүмкіндік беретін эксперименталды автоматтандырылған желдетуді басқару жүйелерін құруға әкелді.

Соңғы 15-20 жыл ішінде деректерді өңдеу және талдаудың жаңа платформалық технологияларын белсенді әзірлеу және енгізумен қатар (аналитикалық платформалар деп аталатын) ғылыми әдебиеттерде шахталарды желдету мәселелерін шешу үшін болжамды аналитика құралдары қолданылатын зерттеулердің айтарлықтай саны пайда болды.

[1] жұмысында метанға бай шахталардағы көмір және газ шығарындылары, газ-ауа қоспасының жарылысы және өрт сияқты төтенше жағдайлардың тәуекелдерін бағалауға мүмкіндік беретін оқу деректерінің үлкен көлемі негізінде өндірістік ережелер ағашы қалыптастырылды. Өртүрлі тау-кен-геологиялық және тау-кен-технологиялық параметрлер ескерілді. Жұмыста [2] метан концентрациясының жоғарылауын болжау үшін анық емес логикаға негізделген әдістер қолданылды. Зерттеу [3] нақты мәселелерді шешу үшін жеке аналитикалық құралдарды пайдалану мүмкіндіктерін ескере отырып, желдету жүйесінің жұмысын бағалаудың әмбебап тәсілін ұсынды.

Соңғы жылдары күрделі техникалық жүйелерді басқаруда нейрондық желілерді пайдалануға қызығушылық артты. Мысалы, жұмыс [4] желдету қондырғысын басқару контекстінде параметрлердің нейрондық желіге бейімделуі бар PID контроллерлерін пайдалану мүмкіндігін зерттейді.

Осылайша, қазіргі уақытта болжамды талдау әдістерін шахталық желдетуді басқару жүйелеріне біріктіруге тұрақты қызығушылық бар. Аэрогаздинамикалық процестерді бақылау және желдетуді басқару үшін

интеллектуалды аналитикалық платформаны құру бірқатар факторлардың арқасында мүмкін болды:

- әртүрлі физикалық принциптерді (электрлік, механикалық, акустикалық, аэрогаздинамикалық, гидродинамикалық, кеңістіктік навигация, лазерлік және т.б.) қолданатын заманауи өлшеу құралдарының болуы;

- дербес және роботты техникалық құралдарды өндіріс процестеріне кезең-кезеңімен енгізу;

- нақты уақыт режимінде кеніштің ағымдағы жағдайын сипаттайтын деректердің үлкен көлемін үздіксіз жинауды және талдауды қамтамасыз ететін аппараттық және бағдарламалық жүйелерді әзірлеу.

2 Арнайы бөлім

2.1 Принциптер аналитикалық құрастыру аэрогаздинамикалық процестерді бақылауға арналған платформалар және шахталардағы желдетуді бақылау. Негізгі тапсырмалар, шешілетін В шеңберінде аналитикалық платформалар

1) Тау-кен жұмыстарының әсерінен тау-кен массасында болатын геофизикалық процестер сызықты емес, стохастикалық және уақыттық және кеңістіктік стационарлық еместігімен сипатталатыны белгілі. Олардың мінез-құлқы көптеген факторлармен анықталады, олардың кейбіреулерін бақылау және сандық бағалау қиын. Осыған байланысты, модельдерді анықтау, газ-динамикалық процестер мен жағдайларды тану, негізгі көрсеткіштердегі өзгерістерді болжау және маңызды параметрлерді басқару процедураларында қолдануға жарамды ақпаратты және тұрақты параметрлер жиынтығын таңдау міндеті ерекше маңызға ие.

2) Нақтырақ айтқанда, аналитикалық платформа келесі функционалдық міндеттерді шешуді қамтамасыз етуі керек:

3) Белгілі бір процестерді немесе күйлерді сипаттайтын белгілер мен көрсеткіштерді анықтау үшін оларды кейіннен түсіндіре отырып, газ-динамикалық деректерді талдау;

4) Технологиялық процестердің авариялық даму қаупін бағалау мақсатында газ-динамикалық көрсеткіштерді және басқа да бақылау параметрлерін талдау негізінде қалыптан тыс жағдайларды тану;

5) Шахтаның желдету жүйесінің жекелеген аймақтарында, оның ішінде жергілікті желдеткіш желдеткіштердің (ЖЖЖ) жұмыс режимдерін өзгерту қажет болған жағдайларда метан концентрациясының динамикасын болжау;

6) VMP басқару жүйесін іске қосу кезінде желдету желісінің негізгі тармақтарында апаттар қаупін азайту үшін қажетті ауа ағынының көлемдерінің ықтимал өзгерістерін есептеу;

7) ВМП автоматты басқару жүйелерін қосу және өшіру моменттерін анықтау, сондай-ақ жетектердің айналу жиілігінің PI-реттегіштерінің параметрлерін адаптивті реттеу.

8) Басқарудың ең тиімді шешімін таңдау үшін жағдайларды дамытудың ықтимал сценарийлерін визуализациялауға қабілетті мамандандырылған бағдарламалық платформаны құру болып табылады. Мұндай платформаның құрылымы мен негізгі компоненттері 2.1 - суретте көрсетілген.



2.1 - сурет – Мамандандырылған бағдарламалық платформаның құрылымы

Жоғарыда аталған барлық функционалдық құрамдас бөліктер осы мақаланың аясында қарастырылмаған. Бұл тарауда модельдердің екі түрін әзірлеу және қолдану үшін қажетті ақпараттық деректерді дайындау мәселелеріне назар аударылады:

1) Желдету желісінің жеке түйіндеріндегі метан концентрациясының өзгеруін талдау және түсіндіру негізінде төтенше жағдайға дейінгі жағдайларды тану үлгілері.

2) Метан концентрациясының динамикасын болжауға арналған модельдер, жергілікті желдеткіш желдеткіштердің жұмыс режимдерін жедел жоспарлау жүйесінде қолдануға арналған (ЖЖ).

2.2 Платформаның ақпараттық базасының құрылымы

Алдымен сипатталған процестерді басқару үшін қажетті ақпаратты құрылымдау мен жіктеудің жалпы принциптерін қарастырайық. [64] көрсетілгендей, интеллектуалды басқару жүйелерінің тиімділігі (оның ішінде элементтері осы жұмыста әзірленген жүйені қоса алғанда) көбінесе білімнің әртүрлі түрлерінің өзара әрекеттесуінің көлемімен және ұйымдастырылуымен анықталады.

Жалпы, жеке процестерді интеллектуалды бақылау үшін ақпараттық базаны құру және тұтастай алғанда шахтаның жұмысын басқару үшін ақпараттың келесі санаттарын бөлуге болады.

Іо – мониторинг жүйелерінен алынған операциялық сенсорлық деректер, соның ішінде:

- тау-кен және технологиялық процестердің параметрлері;
- технологиялық жабдықтың жай-күйінің сипаттамасы;
- диспетчерлік бақылау және басқару ақпараты.

ІІ – нақты ақпарат массивтері, соның ішінде:

- геологиялық мәліметтер базасы;
- тау-кен жұмыстарын жүргізудің егжей-тегжейлі жоспарлары мен схемаларын қамтитын технологиялық негіздер;
- жабдықтың параметрлері мен жұмыс сипаттамалары туралы ақпарат;

АТ – ғылыми-техникалық журналдар, монографиялар, патенттер және басқа көздер мұрағаты түрінде ұсынылған мәтіндік ақпарат. Қажетті ғылыми фактілерді кейіннен шығару үшін мұндай ақпарат құрылымды болуы керек. Алынған білімді сенімділік және тереңдік дәрежесі бойынша жіктеуге және шартты түрде үш деңгейге бөлуге болады:

- К₁ – тұрақты физикалық заңдарға негізделген, мысалы, математикалық физиканың теңдеулері түрінде берілген іргелі білім;
- К₂ – заңдылықтар немесе аналитикалық тәуелділіктер түрінде көрсетілген тәжірибелік тәжірибе мен эксперимент нәтижелерін жалпылау нәтижесінде алынған эмпирикалық білім;
- К₃ – мамандардың нақты практикалық тәжірибесін көрсететін және әдетте, өндіріс немесе анық емес ережелер түрінде ұсынылған эвристикалық білім.

Шахталық процестерді бақылау жүйесінің білім қорына әртүрлі құрылымдардың ережелері кіруі мүмкін екені анық. Бұл жұмыста негізінен келесі ережелер түрлері қолданылды: $F_1(I_0, I_0'', I_{0M}) \rightarrow S$

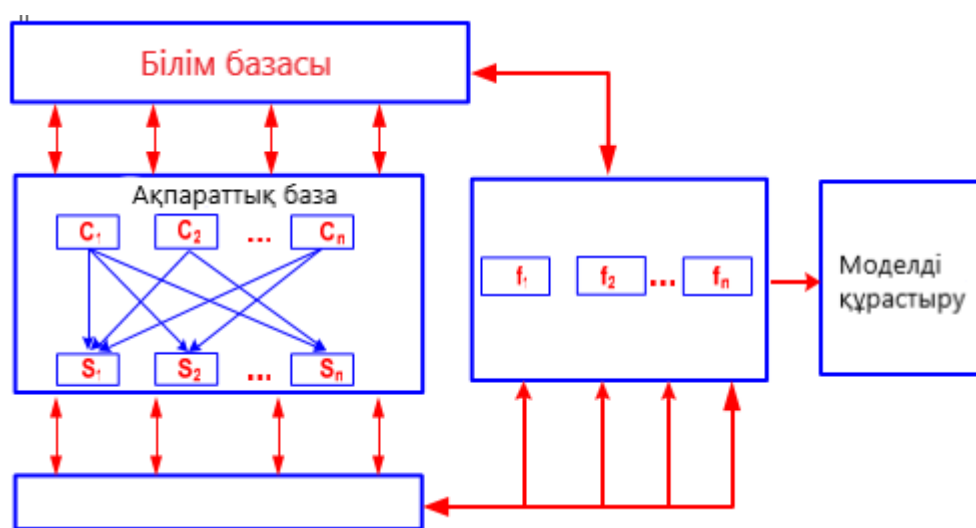
Іо – басқарылатын аэрогаздинамикалық параметрлерге мыналар жатады:

- І $C(t)$ және ауа ағынының $Q(t)$ жылдамдығының уақыттық реализациясының әртүрлі түрлендірулері нәтижесінде алынған жасанды түрде құрылған айнымалылар;
- тау-кен комбайнының жұмыс жағдайын сипаттайтын параметрлер;
- С – технологиялық ақауларды да (мысалы, жабдықтың істен шығуы) да, кейбіреулері ықтимал апаттық жағдайларды білдіруі мүмкін әртүрлі газ-динамикалық процестерді де қамтитын белгілі газ-динамикалық жағдайлардың жиынтығы.

Деректер жиынын қалыптастыруды қамтамасыз ететін аналитикалық платформаның негізгі ақпараттық блоктарының өзара әрекеттесуінің жалпы құрылымы 2.2 - суретте көрсетілген. Бұл процедура тәжірибелік деректерге негізделгендіктен, тау-кен жағдайында қолданылатын ақпараттың негізгі түрлерін анықтап, жіктеген жөн.

Ақпараттық базаның сыртқы ортамен байланысы мониторинг шеңберінде негізгі параметрлерді үздіксіз бақылау үшін қолданылатын автоматты сенсорлық құрылғылар арқылы қамтамасыз етіледі.

Сараптамалық ақпарат – кәсіби талдаушылардан немесе жедел бақылау персоналынан алынған білім мен бақылаулар. Мұндай ақпарат әдетте ауызша емес және алдын ала өңдеу мен құрылымдауды қажет етеді. Оны түсіндіру үшін анық емес мүшелік функциялары немесе арнайы бағалау функциялары бар лингвистикалық айнымалылар пайдаланылуы мүмкін.



2.2 - сурет – Схема жұмыс істейтін аналитикалық платформа

$f_1, f_2, \dots, f_n$ функциялары бастапқы ақпараттық массивтердің дәйекті түрлендірулерін орындайтын алдын ала анықталған процедуралар жинағын білдіреді. Бұл түрлендірулер мәліметтерді бастапқы өңдеуді, оларды түрлендіруді, сонымен қатар жасанды түрде жасалған айнымалыларды қалыптастыруды және қосуды қамтиды.

2.3 - суретте аналитикалық платформада дайындалған ақпараттық деректер пайдаланылған тапсырмалар тізбегі көрсетілген. Екінші тарауда негізгі назар өндірістік учаскенің әртүрлі аймақтарында байқалатын $C(t)$ метан концентрациясының өзгеруінің сипаттамалық белгілері - ақпараттық белгілерді анықтау үшін сараптамалық талдау мен статистикалық өңдеуді қолдануға мүмкіндік беретін нақты әдістерге аударылады. Бұл мүмкіндіктер газ-динамикалық процестер мен жағдайларды танудың тиімді жүйесін құруға негіз болады.



2.3 - сурет – Тапсырмалар шешілетін В шеңберінде аналитикалық платформа

Бастапқыда аналитикалық платформаның ақпараттық базасын құру кезінде негізгі сұраққа жауап беру керек: эксперименттік ақпарат дегеніміз не? Басқаша айтқанда, оның құрылымын, өлшеу әдістерін, уақыт бойынша параметрлердің өзгеру сипатын, сонымен қатар динамикалық процестердің статистикалық сипаттамаларын анықтау маңызды.

Жүйемен басқарылатын тау-кен және өндірістік процестерді бақылау параметрлерін келесі белгілер бойынша жіктеуге болады.

Сипатталған процестер түрі бойынша:

- негізгі технологиялық процестер;
- көмекші технологиялық процестер;
- қолдау процестері.

Өлшенетін шамалардың физикалық табиғаты бойынша:

- электрлік;
- электромеханикалық;
- механикалық (динамикалық режимдер);
- механикалық (статикалық сипаттамалар);
- акустикалық;
- аэродинамикалық;
- газ-динамикалық;
- микроаналитикалық;
- газды талдау.

Бақылаудың функционалдық мақсаты бойынша:

- жабдықтың техникалық жағдайын диагностикалау;
- шахта атмосферасының параметрлерін бақылау;
- тау жотасының жағдайын бақылау;
- қоршаған орта жағдайын бақылау;
- әртүрлі технологиялық процестерді басқару және бақылау жүйелерін

диагностикалау.

Процестердің математикалық сипаттамалары бойынша:

- a) детерминистік процестер;
- b) стохастикалық процестер, соның ішінде:
 - 1) стационарлық; 2) стационарлық емес; 3) сызықтық; 4) сызықты емес.

Құрылым деңгейі бойынша:

- құрылымдық процестер (S1);
- жартылай құрылымдық процестер (S2);
- потенциалды құрылымдық процестер (S3);
- құрылымдалмаған процестер (S4).

Құрылымдау дәрежесін формальды сандық бағалауды бастапқы іске асыруды түрлендіру және арнайы ақпараттық индекстерді есептеу әдістерін қолдану арқылы жүргізуге болады.

Аналитикалық платформаның білім базасын қалыптастыру және жаңарту, аэрогаздинамикалық және технологиялық параметрлерді бақылау процесінде гетерогенді деректерді өңдеудің әртүрлі алгоритмдерін қолдануды қамтитын кезенді процесс болып табылады. Нақты талдау әдістерін таңдау жүйенің мақсаттарымен және оның әмбебаптығына қойылатын талаптармен анықталады.

Шартты түрде біз әзірленген алгоритмдер мен тәсілдер қолданылуы мүмкін жүйелердің екі класын ажыратуға болады:

- газ-динамикалық процестерді талдауға және болжауға, сондай-ақ нақты шахталардың желдетуін жедел басқаруға арналған жергілікті интеллектуалды басқару жүйелері;
- әртүрлі геотехнологиялық сипаттамалары бар тау-кен өндірістерінің қауіпсіздігін кешенді қамтамасыз етуге бағытталған жаһандық мониторинг жүйелері.

Бұл жұмыс ең алдымен жүйелердің бірінші түріне бағытталған.

Сараптамалық ақпаратты ұсынуға қатысты мыналарды атап өткен жөн.

Аналитикалық платформаның білім қорын қалыптастыру кезінде сарапшылық ережелерге газ-динамикалық процестерге және, тиісінше, тау-кен қауіпсіздігіне әсер ететін барлық маңызды факторлар нақты енгізілмейді. Мұндай факторларға салыстырмалы түрде өзгермейтін сипаттамалар жатады, өйткені олардың өзгеруінің уақыт шкаласы жүйенің жауап беру интервалынан айтарлықтай асып түседі:

- A_1 – көмір қабатының геометриялық, геомеханикалық және физика-химиялық қасиеттері;

— A_2 — өндірілген кеңістіктердегі газ режимінің қалыптасуына әсер ететін қоршаған жыныстардың қасиеттері;

— A_3 — тігістерді өңдеудің қолданбалы технологиясы және сәйкес желдету схемасы.

Бұл параметрлер көбінесе сараптамалық бағалаудың пәні болып табылады, бірақ тәуелсіз ақпараттық субъектілер ретінде әрқашан білім базасына кірмейді.

Мәселені шешуден басқа, әмбебап білім базасын құруға көшу кезінде жаһандық ақпарат параметрлері (A_1 – A_3) мен газ-динамикалық процестердің спецификалық сипаттамалары арасындағы байланыстарды ресми түрде орнату қажеттілігі туындайды.

Бұл жағдайда концептуалды модель A_1 – A_3 параметрлерінен басқа қосымша ақпарат нысандарын да қамтуы керек:

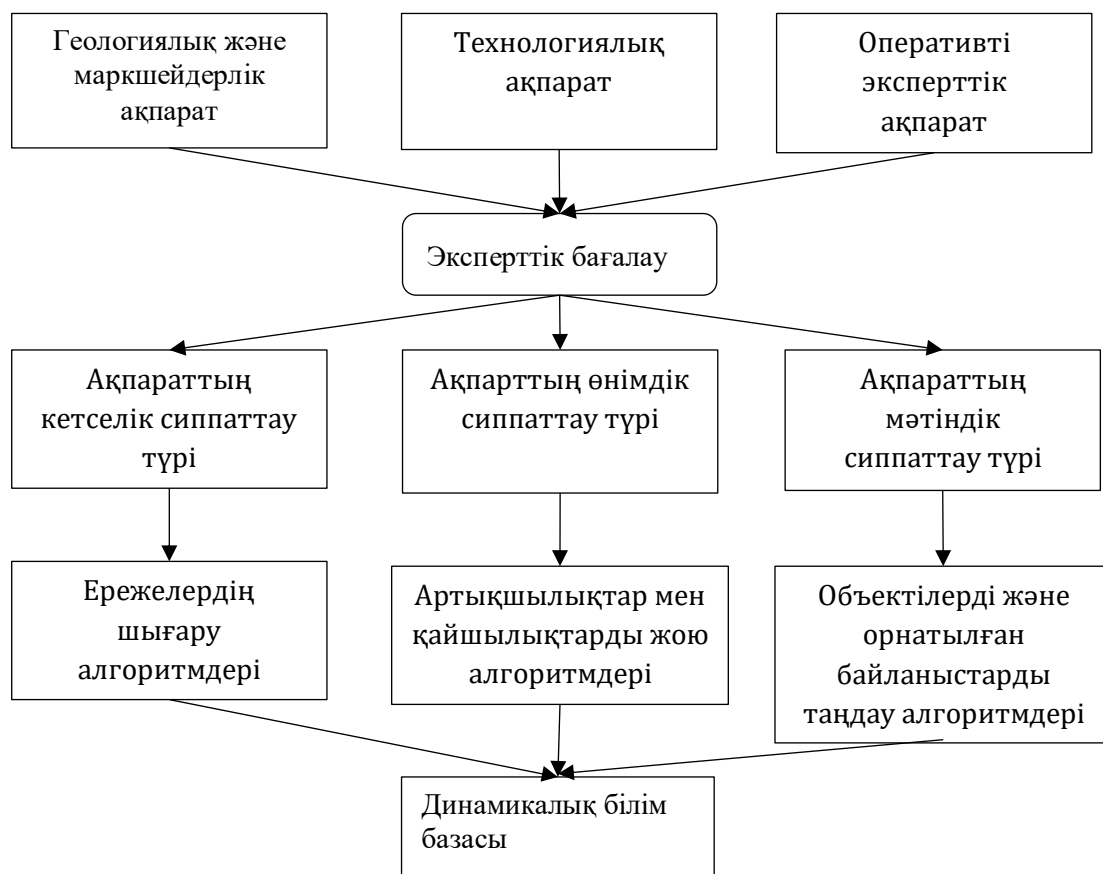
— A_4 — аумақтың желдету схемасы;

— A_5 — бастапқы аэрогаздинамикалық күй (газдинамикалық құбылыс пайда болғанға дейінгі газ-ауа балансы);

— A_6 — метан концентрациясының орны және ауа ағынының жылдамдығы сенсорлары.

Өндірістік жүйе түріндегі концептуалды модельді қалыптастыру өте күрделі міндет болып табылады. Сондықтан бастапқы мәліметтерді нысандағы әртүрлі өндірістік жағдайларды көрсететін факторлық кесте түрінде де, құрылымдалмаған мәтіндер түрінде де (вербалды емес сипаттамалар) ұсынуға болады.

Мәтіндік сипаттамалар әдетте білікті сарапшылар тобы жүргізетін шахталардағы төтенше жағдайларды кейінгі талдауда қолданылады. Мұндай сипаттамаларды формальды түрге айналдыру үшін арнайы өңдеу алгоритмдерін қолдану қажет. Аналитикалық платформаның білім қорын қалыптастыру процесінің схемалық көрінісі 2.4 - суретте көрсетілген.



2.4 - сурет – Функционалды схема процедураларының формациялары негізіндегі білім

2.3 Газ-динамикалық процестердің сараптамалық сипаттамасы

Жоғарыда айтылғандай, эксперименттік ақпарат – операциялық бақылау кезінде автоматты түрде алынатын да, арнайы зерттеулер кезінде алынған да – жүйенің білім қорын қалыптастыруда шешуші рөл атқарады.

Тау-кен және технологиялық процестердің тау-кен массасына әсері оның физикалық сипаттамаларының табиғи өзгеруіне әкеледі. Осы параметрлер мәндерінің белгілі комбинациялары кезінде массив күйінде қайтымсыз өзгерістер орын алуы мүмкін, бұл қоршаған ортаның тұрақсыз және болжаусыз реакцияларын тудырады, бұл өз кезегінде төтенше тау-кен және технологиялық жағдайларға әкеледі.

Осылайша, қоршаған ортаның физикалық-химиялық көрсеткіштерін бақылау мониторингі жүйесін технологиялық жабдықтың жай-күйін бақылаумен біріктіру ағымдағы жағдайды анықтауға ғана емес, оның дамуын болжауға мүмкіндік береді. Бұл апаттардың алдын алуға және жалпы технологиялық қауіпсіздікті арттыруға негіз жасайды.

Метанға бай кен орындарында көмірді жерасты өндіруде геотехнологиялық жағдайлардың негізгі және ең ақпараттық көрсеткіші

шахтаның желдету желісінің әртүрлі нүктелерінде өлшенетін метан концентрациясы болып табылады.

Қауіпсіздік тұрғысынан метан (CH_4) инертті газ болып табылады, ол көмір кеніштерін игерудегі барлық ауыр апаттардың шамамен 85%-ының тікелей немесе жанама себебі болып табылады. Сондықтан жүйенің білім қорын қалыптастыру үшін негізгі ақпарат көзі тау-кен аймағындағы әртүрлі нүктелердегі CH_4 құрамын тіркейтін жабдықтың көмегімен алынған метан концентрациясының өзгеруінің бірнеше графиктері болып табылады. Костенко шахтасының шығатын желдету ағынында жазылған осындай динамикалық графиктердің мысалдары 2.5 - суретте көрсетілген.

Тәжірибелі сарапшы, осындай уақытша енгізулерді талдай отырып, қазіргі технологиялық жағдайды өте дәл қалпына келтіре алады. Бұл мүмкін, себебі:

- тау-кен және көлік кешендерінің, сондай-ақ желдету және энергетикалық жүйелердің жұмысындағы өзгерістер;
- жоспарланған жұмыс режимінен ауытқулар,
- массивке әсер етуден туындаған геологиялық процестер – олардың барлығы метан жағдайының өзгеру сипатында айқын көрінеді.

Газдинамикалық процестерді математикалық сипаттаудың көптеген әдістері бар. Ең кең тарағандардың бірі – статистикалық тәсіл, онда құбылыстар таралу функциялары, корреляциялық сипаттамалар және спектрлік тығыздықтар арқылы сипатталады. Дегенмен, тәжірибеде метан концентрациясының графиктерін талдай отырып, сарапшы мұндай математикалық аппаратқа жүгінбейді. Ол интуитивті және көрнекі сипаттарды пайдаланады, мысалы:

- газдың ластану кезеңінің ұзақтығы;
- концентрацияның жоғарылау жылдамдығы;
- амплитудадағы күрт секірістің шамасы.

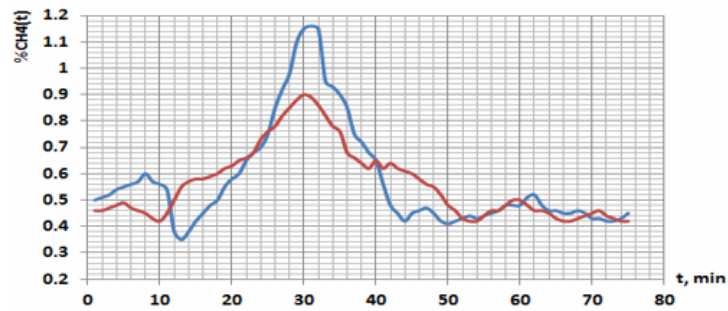
Көрнекі бақылауларды жинақталған кәсіби тәжірибемен салыстыра отырып, сарапшы белгілі бір газ-динамикалық құбылыстың пайда болуының ықтимал себептері туралы қорытынды жасайды.

Корреляциялық-спектрлік талдауға негізделген статистикалық тану теориясының классикалық әдістерін қолдану әрекеттері бірқатар шектеулерге тап болады:

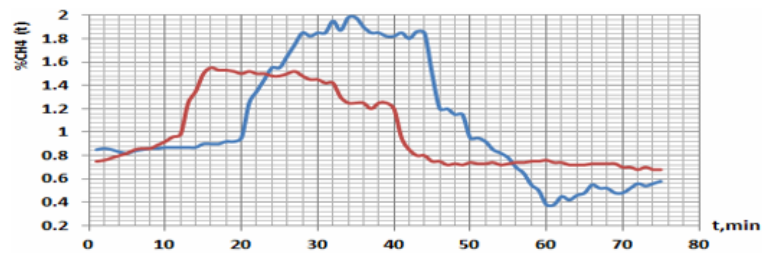
- эмпирикалық мәліметтердің жоғары сызықты еместігі;
- тау-кен, геологиялық және технологиялық жағдайлардың кең ауқымын қамтитын сенімді үлгілерді құруға мүмкіндік беретін толыққанды статистикалық үлгілердің болмауы.

Осыған байланысты жұмыста басты назар бастапқы уақыттық реализацияларды түрлендіру арқылы қалыптасқан интеллектуалды айнымалыларды пайдалануға берілген. Бұл айнымалылар динамикалық процестердің ерекшеліктерін кодтау үшін қызмет етеді және газ-динамикалық құбылыстарды тану, классификациялау және түсіндіру алгоритмдерін құруда қолданылады.

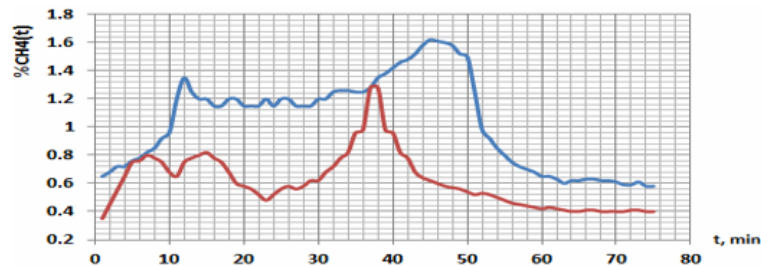
бұрғылау және жару жұмыс істейді



Ажырату жанкүйерлер жергілікті желдету



Ажырату автоматты газ қорғау



2.5 - сурет – Мысалдар жүзеге асыру концентрациялары метан В шығыс нақты құбылыстар

Алдымен газ-динамикалық іске асырудың сипатын анықтайтын шарттарға тоқталайық. Бұл жағдайларды сыртқы факторлар ретінде белгілеуге болады және олар бірнеше негізгі топтарға бөлінеді.

А1. Тау-кен-геологиялық факторлар:

- көмір қабатының геометриясы;
- негізгі жыныстардың қасиеттері;
- қабаттың газдылық дәрежесі;
- суфлелердің болуы (газ шығару үшін табиғи арналар);
- көмірлердің ылғалдылығы, күлділігі, ұшқыш заттардың мөлшері, жану жылуы, күкірт мөлшері, көмір мөлшері сияқты күрделі сипаттамалары;
- формацияның құрылымындағы бұзылуларды, соның ішінде жалған, тікелей және негізгі шатырдың ерекшеліктерін анықтады.

А2. Тау-кен және технологиялық факторлар:

- кен өндіру учаскесінің кеңістіктік-уақыттық параметрлері;
- көмір өндіру әдісі;
- тасымалдау әдісі (тасымалдау);
- Бұрғылау-жару жұмыстарының ерекшеліктері;
- сайтты дамыту жоспары мен схемасы.

А3. Желдету факторлары:

- белгілі бір аумаққа арналған желдету схемасы;
- бүкіл желдету желісінің құрылымы: оның топологиясы, саны, орналасуы және пассивті және белсенді басқару және реттеу элементтерінің сипаттамалары;
- желдету жүйесінде қолданылатын жабдықтың техникалық параметрлері.

Газ-динамикалық процестердің дамуы үшін фон құрайтын салыстырмалы тұрақты сыртқы орта ретінде қарастыруға болады.

Шахтаның желдету желісіндегі $C(CH_4)(t)$ метан концентрациясының сипатты ауытқуын тудыратын оқиғалар мен процестерді толығырақ қарастырайық.

S_1 – Тұрақты жұмыстар шеңберінде тау жыныстарының массивіне әсер ететін технологиялық процестер:

- S_{11} – бұрғылау және жару жұмыстары;
- S_{12} – тазалау (экстракциялау) комбайнының жұмысы;
- S_{13} – бет аймағындағы шатырдың құлауы.

S_2 – желдету және газсыздандыру жұмысындағы бұзушылықтар немесе елеулі өзгерістер:

- S_{21} – жергілікті желдеткіш желдеткішті өшіру (LVF);
- S_{22} – желдеткіш құбырларды ілу немесе ауыстыру;
- S_{23} – желдеткіш құбырларды механикалық қысу;
- S_{24} – газсыздандыру жүйесін тоқтату;
- S_{25} – қосалқы станцияны ажырату және басқару жабдығын токтан ажырату (AGZ);

— S_{26} – ауа желісінің кедергісінің күрт өзгеруі (мысалы, желдеткіш есіктердің немесе демпферлердің ашылуы/жабылуына байланысты).

S_3 – Басқару жүйесінің ақаулары:

- S_{31} – өлшеу аппаратурасындағы ақаулар;
- S_{32} – деректерді беру желілеріндегі ақаулар мен шу (кабельдердің зақымдалуын қоса алғанда);

— S_{33} – тіркеу құрылғыларындағы ақаулар.

S_4 – Тау-кен және физикалық құбылыстар:

- S_{41} – көмір мен газдың кенеттен немесе болжамды шығарындылары;
- S_{42} – тау жыныстарының жарылуы;
- S_{43} – суфлелерден шығатын газдар;
- S_{44} – ұңғыма аймағындағы өрттер.

Осылайша, газ-динамикалық көрсеткіштердің әрекетін уақыт пен кеңістіктегі метан концентрациясының өзгеруіне осы факторлар жиынтығының әсерін көрсететін функционалдық тәуелділік ретінде сипаттауға болады.

$$C_i = \phi_i(\{A_1\}\{A_2\}\{A_3\}\{s_1\}\{s_2\}\{s_3\}\{s_4\}), i = 1, p \quad (2.1)$$

мұндағы p – саны көрсеткіштер (бақылау нүктелері).

Іс жүзінде метан концентрациясының ауытқуының себептерін анықтау $C_{CH_4}(t)$ және бүкіл жағдайды кейіннен түсіндіру шешім ағашын қолдану арқылы қадамдық талдау процесі болып табылады.

Арнайы әдебиеттерді талдау және әртүрлі газ-динамикалық құбылыстардың сараптамалық сипаттамасының мысалдары осы процестерге қатысты бірқатар жалпыланған ресми емес ережелерді тұжырымдауға, сондай-ақ оларды сәйкестендіру және жіктеу үшін пайдаланылатын негізгі сараптамалық белгілерді анықтауға мүмкіндік берді.

Бұрғылау және жару жұмыстары ең танымал «газ-динамикалық портреттердің» біріне ие. Олардың уақыт бойынша жүзеге асуы $C_{CH_4}(t)$ нақты анықталған алдыңғы және кейінгі фронттармен ерекшеленеді. Осындай жұмыс кезінде учаскенің шығатын желдету ағынындағы метанның әрекетін сипаттаудың әртүрлі аналитикалық әдістері бар.

Шырғыштың жұмысы да метан концентрациясының тән динамикасын қалыптастырады. Бұл процесті тану (әсіресе автоматты басқару болмаған жағдайда) бірден бірнеше көрсеткіштер бойынша, мысалы, лаваның шығатын желдету ағынында, учаскенің жаңа ағынында немесе оның шығуында тіркелген эмпирикалық деректердің болуымен айтарлықтай жеңілдетілген.

Кейбір жағдайларда бұрғылау-жару жұмыстары немесе біріктірілген тау-кен жұмыстары тау-кен массасының қалыптан тыс реакциясын тудыруы мүмкін, бұл ықтимал қауіпті газ-динамикалық құбылысты көрсетеді. Төтенше жағдайлар қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған интеллектуалды жүйенің білім қорын қалыптастыру кезінде мұндай жағдайларды ескеру қажет.

Төбенің құлауы сонымен қатар осы кластағы құбылыстардың барлық жағдайлары үшін бірдей типтік метан динамикасымен бірге жүреді. Ұқсас сурет жергілікті желдету желдеткіші тоқтаған кезде байқалады, бұл мұндай жағдайларды желдету режимінің бұзылуының белгілі бір қосалқы сыныбына жатқызуға мүмкіндік береді.

Автоматты газдан қорғауды өшіру, сондай-ақ айқын көрсетілген алдыңғы және кейінгі фронттармен жүзеге асыруды тудырады. Бұл жағдайда алдыңғы фронт бұрғылау-жару жұмыстары кезіндегімен өз нысаны бойынша сәйкес келеді, бірақ артқы фронт әртүрлі және жару жұмыстарымен туындаған процестерге тән заңдылықтарды сақтамайды. Бұл бұл құбылыстарды талдау және жіктеу кезінде саралауға мүмкіндік береді.

$$\frac{C_{\max}-C_0}{lgt} = const \quad (2.2)$$

Электр желілеріндегі электромагниттік кедергілер немесе сенсорлық құрылғылардың жұмысындағы ақаулар (мысалы, нөлдік ауысым, өшіру және т.б.) сияқты деректерді беру арнасындағы кедергілердің әсері газ-динамикалық графиктерде жоғары жиілікті, төмен амплитудалық тербеліс ретінде көрсетіледі. Мұндай қисықтардың белгілі бір спектрі бар және оларды кедергі сигналдары ретінде түсіндіруге болады.

Көмір газының төмен мөлшері, айқын анизотропия, жарықтардың болуы және т.б. сияқты тау-кен массасының ерекшеліктері технологиялық әсерге жеткіліксіз газ-динамикалық реакцияны тудыруы мүмкін. Мұндай процестер құбылыстың әрбір түріне тән нысаны бар жүзеге асулармен бірге жүреді. Мысалы, жарықшақтан немесе суфледен газдың бөлінуінен туындайтын реакция пішіні жағынан жергілікті желдеткіш желдеткіштің (LVF) тоқтау реакциясына ұқсас. Мұндай жағдайларды дәл анықтау үшін желдету жүйесінің ағымдағы жағдайы туралы қосымша ақпарат қажет.

Газсыздандыру жүйесінің тоқтатылуы айқын көрсетілген алдыңғы және кейінгі фронттары бар газ-динамикалық іске асырумен бірге жүреді. Дегенмен, графиктің пішіні VMP тоқтатылған кезде пайда болатынға ұқсас. Сондықтан дұрыс диагностика үшін қосымша көрсеткіштерді пайдалану қажет, мысалы, шығатын лава ағынындағы ауа жылдамдығы туралы деректер.

Желдету режимінің кенеттен өзгеруі, мысалы, жұмыстардың көлденең қимасының күрт төмендеуі тән газ-динамикалық суретті құрайды. Дегенмен, оның пішіні учаскенің арнайы желдету схемасына және бастапқы аэрогаз-динамикалық жағдайларға байланысты, бұл да дұрыс түсіндіру үшін бірнеше параметрлерді талдауды талап етеді.

Мамандармен жұмыс жасау барысында лингвистикалық терминдер жиынтығы, яғни белгілердің координаталық кеңістігі түрінде газ-динамикалық процестерді формализациялауға мүмкіндік беретін сипаттамалық сипаттамалар жүйесі (вербальды белгілер) қалыптасты. Бұл сөздік келесі көрсеткіштерді қамтиды:

— P_1 – Максималды амплитудасы ($A_{\max}$): метан концентрациясының ең жоғары тіркелген мәні $C_{CH_4}(t)$ $[t_0, t_f]$ уақыт аралығы бойынша.

— P_2 – Көтеру уақыты (t_H): қауіпсіз деңгейден (t_0) аса бастаған сәттен бастап $A_{\max}$ максималды мәніне жеткенге дейінгі уақыт аралығы.

— P_3 – Ыдырау уақыты (t_s): $C_{CH_4}(t)$ концентрациясы болатын кезең тұрақты бастапқы C_0 деңгейіне оралады.

— P_4 – Процестің ұзақтығы ($T_{\max}$): метанограммаларды талдау негізінде уақыт шектеулерінің (t_0 және t_f) сараптамалық бағалауымен немесе жоспарланған немесе нақты процесс ақпаратын ескере отырып анықталады.

— P_5 – градиент өсу концентрациялары метан $\frac{\Delta C}{\Delta t}$.

2.4 Газ-динамикалық жағдайларды тану үшін арнайы (индикативті) айнымалыларды қолдану

Газ-динамикалық процестердің мінез-құлқының негізгі ерекшеліктерін көрсететін индикативті параметрлерді таңдау негізінде газ-динамикалық жағдайларды тану алгоритмдерін жасау болып табылады .

Алдын ала анықталған ақпараттық мүмкіндіктер жиынтығын пайдалана отырып, эксперименттік деректерді сараптамалық өңдеуге негізделген бұрын сипатталған әдіс бірқатар маңызды шектеулерге ие:

1) Сарапшылардың біліктілігіне тәуелділігі. Белгілі бір құбылысты бағалаудың объективті және келісілген критерийлерін қалыптастыру тәжірибелі мамандардың қатысуын талап етеді. Іс жүзінде бұл жағдайды қамтамасыз ету қиын және әрқашан мүмкін емес.

2) Қосымша бақылаудың шектеулері. Тау жыныстарының қысымы (геоакустикалық әдістер арқылы бақыланады) немесе ұңғы түбінің температурасы сияқты бақылаудың жаңа параметрлерін қосу арқылы басқару жүйесін жақсарту әрекеттері ұзақ зерттеулерді қажет етеді. Сарапшылар тиісті лингвистикалық терминдермен сенімді жұмыс істей алмайынша, тану жүйелерінде мұндай деректерді пайдалану қиын болып қала береді.

3) Сараптамалық бағалаудың орны. Көрсеткіштердің мінез-құлқы қабаттың геофизикалық қасиеттеріне, негізгі тау жыныстарының сипаттамаларына , қолданылатын тау-кен технологиясына , учаскенің желдету схемасына, сондай-ақ бастапқы аэрогаздинамикалық жағдайларға қатты байланысты. Сондықтан сараптамалық сипаттамалар мен олардың негізінде құрылған логикалық-лингвистикалық модельдер, әдетте, нақты геотехнологиялық шарттар шеңберінде ғана қолданылады және әмбебаптылыққа ие емес.

3 Нейрондық желілер модельдер тану газ-динамикалық жағдайлар және болжау спикерлер концентрациялары

3.1 Газ-динамикалық процестерін модельдеу

Метанға бай шахталардағы желдетуді бақылаудың негізгі мақсаты кен қазбаларында метан концентрациясын өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарына сай деңгейде ұстау екені белгілі. Рұқсат етілген шекті мәннен асып кету ($\text{CCH}_4\% > 1,2\%$) міндетті түрде электр қуатын өшіруді талап етеді, бұл өндірістік көрсеткіштерге тікелей әсер етеді. Бұл стандарттарды елемей көбінесе апаттар мен апатты зардаптарға әкеледі.

Сондықтан да шахталық желдетуді бақылау және басқару жүйелерін жобалау мен енгізуде математикалық модельдерді құру және газ-динамикалық процестерді модельдеу процесінің өзін құру мәселелері шешуші мәнге ие.

Шахта атмосферасына түсетін метанның негізгі көзі тазарту (шығару) учаскелері болғандықтан, ауаның ластану дәрежесі осы аумақтардың шығатын желдеткіш ағынындағы метан концентрациясымен анықталады. Дегенмен, тау-кен-геологиялық жағдайлардың, сондай-ақ көмір қабаттарын өндіруде қолданылатын технологиялардың айтарлықтай әртүрлілігі газдың шығарылуы, метанның ауамен араласуы, газ-ауа қоспасының қозғалысы процестеріне қатаң аналитикалық сипаттама беруді мүмкін емес етеді.

Алайда, метан концентрациясы мен аумақтан шыққандағы ауа ағынының жылдамдығы арасындағы байланыс өндірілген кеңістікке іргелес жатқан қоршаған жұмыстардың топологиясымен анықталатынын ескере отырып, бұл өзара әрекеттесу жалпыланған функционалдық тәуелділік ретінде ұсынылуы мүмкін:

$$F\vec{A}, \frac{dC_i(t)}{dt}, Q(t), G_{PR}(t), C(t) \quad (3.1)$$

мұндағы $\vec{A}$ – массивтің деформация аймағының геометриясын сипаттайтын параметрлер векторы;

$Q(t)$, $C(t)$ – ауа ағынының жылдамдығы және шығатын ағындағы метан концентрациясы;

$Q_{pr}(t)$ – экстракция қарқындылығына байланысты лавадан газдың бөлінуі;

$Q_{vp}(t)$ – тау-кен массасынан және өндірілген кеңістіктен газдың шығуы.

Осылайша, метанның концентрациясы $G_{rb}(t)$ массивтің өндірістік және геотехникалық процестерге реакцияларына да, түсетін (таза) ауа ағынындағы метанның бастапқы концентрациясын қоса алғанда, газ эмиссиясының бастапқы деңгейіне де байланысты.

Аудандағы газдың жалпы шығарындысын былай көрсетуге болады:

$$G(t) = G_{\text{пр}}(t) + G_{\text{вр}}(t) = f[\{S_i(t), Q_0(t), C_0(t)\}] \quad (3.2)$$

мұндағы $S_i(t), i = \overline{1, m}$ біз бұрын егжей-тегжейлі қарастырған тау-кен-технологиялық және геофизикалық сипаттағы факторлар.

Тұрақты аэродинамикалық жағдайда бөлінетін газ көлемінің ұлғаюы учаскенің шығуындағы метан концентрациясының жоғарылауына әкелетіні анықталды. Белгілі бір жорамалдар бойынша шығыс ағындағы $CCN_4(t)$ динамикасы бетке тікелей іргелес жұмыс орындарында болып жатқан процестердің спектрлік және уақыттық сипаттамаларын қайталайды деп санауға болады. Өзгерістің қарқындылығы көбінесе желдету дрейфінің ұзындығымен және сенсорлардың орналасуымен анықталады.

Осыған сүйене отырып, учаскенің шығысындағы метан концентрациясын аддитивті процесс ретінде қарастыруға болады, оның жоғарылауы белгілі бір геотехнологиялық немесе төтенше жағдайлардың әсерімен байланысты. Содан кейін модельді келесідей ұсынуға болады

$$C[n + p] = \phi\{C[n], \dots, C[n - k], G(t)\} \quad (3.3)$$

мұндағы p – болжамдық көкжиек ($p = [1, 5]$);

k – кешіктіру тереңдігі ($k = [2, 5]$).

Ауа ағынының күрт өзгеруімен пайда болатын өтпелі режимдерді зерттеу реакцияның нысаны негізінен бастапқы жағдайлармен анықталады X_0 , және біркелкіден күрт өтпеліге дейін (секіру тәрізді) өзгеруі мүмкін. Бұл жағдайда келесі тұжырым дұрыс: егер $\Delta Q > 0$ болса, онда $\Delta CCN_4 < 0$, ал төмендеу шамасы қиманың конфигурациясына және қабаттың газ құрамына байланысты.

Осылайша, желдету ауасының көлемін ұлғайту араластыруды жақсартуға және метанды қарқынды жоюға көмектеседі, бұл оның шығатын ағындағы концентрациясының төмендеуіне әкеледі.

1980 және 1990 жылдары біріктірілген жылжымалы орташа мәні бар авторрегрессивті модельдер (ARIMA/ARMA) белсенді түрде қолданылды, олар сызықтық, квазистационарлық кездейсоқ процестерді модельдеу үшін өте қолайлы. Мұндай модельдердің жалпы түрі келесі теңдеумен берілген

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p \alpha_i X_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad (3.4)$$

Бүгінгі күні болжамды модельдерді құру үшін анағұрлым күрделі құралдар көбірек пайдаланылады – бұрын әдебиет шолуында айтылған жасанды нейрондық желілер. Бұл тарауда нейрондық желі модельдерінің екі түрін жасауға бағытталған:

- 1) Метан концентрациясының жоғарылауының себептерін тану үлгілері;
- 2) Участкедегі метан концентрациясының динамикасын болжауға арналған модельдер.

3.2 Талдау деректері. Процедура құрылыстарының модельдері

Аэрогаздинамикалық процестерді кешенді бақылау және шахтаның желдетуін басқару жүйесін әзірлеудің мақсаты гетерогенді мәліметтердің үлкен көлемін өңдеуге және болжамды талдаудың заманауи әдістерін қолдана отырып, оларды талдауға қабілетті мамандандырылған бағдарламалық ортаны құру болып табылады.

Бұл бөлімде модельдеудің екі негізгі бағыты қарастырылады:

1) Газ-динамикалық жағдайларды анықтауға арналған модельдер желдету желісінің белгілі бір нүктелерінде жазылған параметрлер динамикасындағы стационарлық емес сипаттамалық аймақтарды тануға және оларды кейіннен түсіндіруге бағытталған;

2) Метан концентрациясының өзгеруін болжауға арналған модельдер жергілікті желдеткіш желдеткіштердің (ЖЖЖ) жұмыс режимдерін жедел жоспарлау үшін, сондай-ақ автоматты басқару жүйелерінде басқару параметрлерін есептеу үшін қолданылады.

Зерттеудің бастапқы кезеңінде Костенко кенішінің бірнеше өндірістік учаскелеріндегі әртүрлі бақылау нүктелерінде алынған метан концентрацияларының уақытша қатарларына сараптамалық талдау жүргізілді.

Зерттеу аясында газ-динамикалық құбылыстардың классификациясы жүргізілді, көрсеткіштер таңдалды, берілген тапсырмаларды шешуге қолайлы үлгілердің түрі анықталды.

Бұрын газ факторы негізінде желдетуді басқару жүйелерін құру әрекеті кезінде зерттеушілер әртүрлі әдістерді қолданды: физикалық модельдеуге негізделген эмпирикалық тәуелділіктен статистикалық модельдерге дейін (мысалы, ARIMA және басқа регрессиялық тәсілдер), сонымен қатар автоматты басқару теориясынан трансфер функцияларының сызықтық және сызықтық емес аналогтарын қамтитын функционалдық әдістер. Дегенмен, барлық жағдайларда олар бірдей мәселеге тап болды: ауа ағынының жылдамдығы $Q(t)$ мен метан концентрациясы $C(t)$ арасында тұрақты корреляцияның болуына қарамастан, стационарлық режимде жұмыстың өзгеруі. $C(t)$ күрт жоғарылаған $Q(t)$ концентрацияның күтілетін төмендеуіне

әкелмеді. Бұл объектінің бөлінген құрылымы мен инерциясына, сондай-ақ метанды сұйылту процестерінің айқын сызықты еместігіне байланысты.

Сондықтан негізгі назар ауа ағындарын лезде қайта бөлудің күрделі жүйелерін құруға емес, ағымдағы газ-динамикалық жағдайды дәл бағалауға және оның одан әрі дамуын сенімді болжауға арналған құралдарды әзірлеуге аударылуы керек. Бұл желдету жабдығының жұмыс режимдерін алдын ала реттеуге мүмкіндік береді.

Тапсырмаларды шешудің негізгі әдісі ретінде нейрондық желі тәсілі таңдалды. Газ-динамикалық процестерді болжау үшін жасанды нейрондық желілерді пайдаланудың нақты тарихы бар және бүгінгі күні арнайы құралдардың кең таңдауының арқасында бұл әдіс тәжірибеде белсенді түрде қолданылады.

$C(t)$ концентрациясының сипатты ауытқуын тудыратын процестер мен құбылыстардың негізгі топтары (газдинамикалық жағдайлар) анықталды. Костенко атындағы шахтаның желдету желісінде.

Бұл жағдайларға мыналар жатады.

Тау массасына әсер ететін жоспарлы технологиялық процестер:

- бұрғылау және жару жұмыстары; тау-кен комбинатының жұмысы;
- төбесі беткейден құлады.

Желдету және газсыздандыру жүйелеріндегі ақаулар, мысалы:

- жергілікті желдеткіш желдеткішті өшіру;
- желдету құбырларын ауыстыру немесе ілу;
- желдету құбырларын қысу;
- газсыздандыру жүйесін тоқтату;
- қосалқы станцияның тоқтауы, яғни газ тарату жүйесінің жабдығына электрмен жабдықтаудың жоғалуы;
- жеке кен қазбаларында қарсылықтың жоғарылауына байланысты аэродинамикалық режимнің кенеттен өзгеруі.

Басқару жүйесінің ақаулары.

Тау-кен және физикалық құбылыстар:

- көмір мен газдың кенеттен шығарындылары;
- жартастардың жарылуы;
- суфле бөтелкелерінен шығатын газдар;
- ұңғыма аймағындағы өрттер.

Жоғарыда аталған жағдайларды танудың тиімді жүйелерін құруға мүмкіндік беретін $C(t)$ метан концентрациясының мінез-құлқының сипаттамалық ерекшеліктерін — сенімді индикативті параметрлердің жиынтығын анықтауға болады. Мұндай ерекшеліктерге мыналар жатады:

— Бақылау интервалындағы $C(t)$ ең жоғары мәні ретінде анықталған метан концентрациясының рұқсат етілген деңгейінен ($A_{\max}$) асудың максималды амплитудасы $[t_0, t_f]$;

— Көтерілу уақыты t_H — асып кетудің басынан $A_{\max}$ жеткенге дейінгі кезең;

— құлдырау уақыты t_C — концентрацияның фондық мәнге дейін төмендеу уақыты C_0 ;

— процестің жалпы ұзақтығы $T_{\max}$.

Жоғарыда аталған көрсеткіштер орын алған газ-динамикалық оқиғаларды талдау үшін, сондай-ақ басқару жүйелерін жобалау және білім базасын құру кезінде тиімді пайдаланылғанымен, ауытқуларды ерте анықтау және ықтимал төтенше жағдайларды болжау мәселелерін шешу үшін жеткіліксіз. Бұл тапсырмалар үшін анағұрлым сезімтал және болжамды талдау әдістері қажет.

Негізгі индикативті сипаттамалар ретінде градиенттік және энтропиялық бағалауларға негізделген параметрлерді пайдалану ұсынылады. Атап айтқанда, оның өсу қарқынын көрсететін газ жағдайындағы өзгерістердің көрсеткіші ретінде метан концентрациясының жоғарылау градиентін пайдалану ұсынылады $\frac{dC(t)}{dT}$.

Костенко атындағы шахтада аэрогаздинамикалық басқару жүйесін қолдану арқылы жиналған тәжірибелік мәліметтерді өңдеу және талдау келесі кезең тізбегі бойынша жүргізілді.

Сипаттамалық индикаторлық белгілердің жиынтығы қалыптастырылды, бастапқы мәліметтердің түрлері мен құрылымы нақтыланды. Осы мүмкіндіктерді жылдам есептеуге және оқу үлгілерін (деректер жиынын) жасауға мүмкіндік беретін негізгі алгоритмдер әзірленді. Жаттығу жиындарын құру кезінде қалыпты (d) немесе маусымдық (Δ) айырмашылықтарды есептеу сияқты бастапқы мүмкіндіктер кеңістігін түрлендірудің қарапайым әдістері қолданылды. немесе одан да күрделі түрлендірулер:

Нәтижесінде зерттелетін әрбір процесс немесе құбылыс үшін сәйкес оқыту және сынақ үлгілері қалыптастырылды (3.1 - кестедегі мысалды қараңыз).

Кесте 3.1 – Зерттелетін әрбір процесс үшін сәйкес оқыту және сынақ үлгілері

Уақыт	X1	X2	X3	X4	X5	Y	Жаттығу нәтижелері (ШЫҒЫСТАР)	
T, мин	$C_i(t)$	$C_{i-1}(t)$	$C_{i-2}(t)$	$C_{i-3}(t)$	Gt)	$C_{i+1}(t)$	Шығыс ақпараттары	Қателер
1	0.76	0.78	0.72	0.72	1	0.68	0,699997910987568	2,08901243226034e-06
2	0.78	0.72	0.72	0.68	1	0.7	0,679994051973332	5,94802666842309e-06
3	0.72	0.72	0.68	0.7	1	0.7	0,680000665338718	-6,65338718341957e-07

3.1 кестенің жалғасы

4	0.72	0.68	0.7	0.7	1	0.7	0,65001378 2287915	-1,378228791 52649e-05
5	0.68	0.7	0.7	0.7	1	0.68	0,65000822 1523168	-8,221523168 15039e-06
6	0.7	0.7	0.7	0.68	1	0.68	0,66000780 1551932	-7,80155193 180754e-06
7	0.7	0.7	0.68	0.68	1	0.65	0,65000797 2297537	-7,97229753 723983e-06
8	0.7	0.68	0.68	0.65	1	0.65	0,64999591 0326858	4,0896731421 3804e-06
9	0.68	0.68	0.65	0.65	1	0.66	0,68000056 3178522	-5,63178522 372532e-07
10	0.68	0.65	0.65	0.66	1	0.65	0,72001342 9363084	-1,34293630 835725e-05
11	0.65	0.65	0.66	0.65	1	0.65	0,72000411 3026392	-4,11302639 213851e-06
12	0.65	0.66	0.65	0.65	1	0.68	0,67999461 4590808	5,3854091923 7107e-06
13	0.66	0.65	0.65	0.68	1	0.72	0,67000788 3782992	-7,883782991 43577e-06
14	0.65	0.65	0.68	0.72	1	0.72	0,68000543 8791077	-5,43879107 739453e-06
15	0.65	0.68	0.72	0.72	1	0.68	0,67999755 6452078	2,4435479221 1521e-06
16	0.68	0.72	0.72	0.68	1	0.67	0,65000238 1076620	-2,381076620 09490e-06
17	0.72	0.72	0.68	0.67	1	0.68	0,66999289 1734258	7,1082657425 7251e-06
18	0.72	0.68	0.67	0.68	1	0.68	0,62001983 7415983	-1,983741598 32149e-05
19	0.68	0.67	0.68	0.68	1	0.65	0,58001951 4962259	-1,951496225 84934e-05
20	0.67	0.68	0.68	0.65	1	0.67	0,56000311 4476793	-3,114476792 57615e-06
21	0.68	0.68	0.65	0.67	1	0.62	0,56003090 4275342	-3,090427534 20252e-05
22	0.68	0.65	0.67	0.62	1	0.58	0,58003780 7285845	-3,780728584 47931e-05
23	0.65	0.67	0.62	0.58	1	0.56	0,58003305 4559340	-3,305455934 03286e-05

3.1 кестенің жалғасы

24	0.67	0.62	0.58	0.56	1	0.56	0,58001917 6720868	-1,917672086 83746e-05
25	0.62	0.58	0.56	0.56	1	0.58	0,60001830 0567637	-1,830056763 65200e-05
26	0.58	0.56	0.56	0.58	1	0.58	0,60002091 9780446	-2,091978044 63823e-05
27	0.56	0.56	0.58	0.58	1	0.58	0,63001848 7408282	-1,8487408281 8087e-05
28	0.56	0.58	0.58	0.58	1	0.6	0,65001839 5639055	-1,839563905 51465e-05
29	0.58	0.58	0.58	0.6	1	0.6	0,6500206 39785159	-2,06397851 586493e-05
30	0.58	0.58	0.6	0.6	1	0.6 3	0,6800089 68229115	-8,96822911 444772e-06
31	0.58	0.6	0.6	0.63	1	0.6 5	0,6752047 44909746	0,0447952550 902545
32	0.6	0.6	0.63	0.65	1	0.6 5	0,7200294 43313808	-2,94433138 082750e-05
33	0.6	0.63	0.65	0.65	1	0.6 8	0,7499896 47096240	1,0352903759 6140e-05
34	0.63	0.65	0.65	0.68	1	0.7 2	0,7500094 31227907	-9,43122790 697526e-06
35	0.65	0.65	0.68	0.72	1	0.7 2	0,7599995 11715854	4,8828414611 6236e-07
36	0.65	0.68	0.72	0.72	1	0.7 5	0,7499962 07589110	3,7924108902 1320e-06
37	0.68	0.72	0.72	0.75	1	0.7 5	0,7299955 50572515	4,4494274846 7625e-06
38	0.72	0.72	0.75	0.75	1	0.7 6	0,6999998 62232599	1,3776740115 3788e-07
39	0.72	0.75	0.75	0.76	1	0.7 5	0,6799995 66253305	4,3374669500 5510e-07
40	0.75	0.75	0.76	0.75	1	0.7 3	0,6999981 13250318	1,8867496820 4516e-06
41	0.75	0.76	0.75	0.73	1	0.7	0,7000018 13611016	-1,81361101 647681e-06
42	0.76	0.75	0.73	0.7	1	0.6 8	0,7199972 26142926	2,7738570741 4535e-06
43	0.75	0.73	0.7	0.68	1	0.7	0,7299877 69085088	1,22309149 117594e-05

3.1 кестенің жалғасы

44	0.73	0.7	0.68	0.7	1	0.7	0,6899937 65442452	6,2345575482 2366e-06
45	0.7	0.68	0.7	0.7	1	0.7 2	0,6900070 33078749	-7,03307874 938552e-06
46	0.68	0.7	0.7	0.72	1	0.7 3	0,6600026 85091279	-2,68509127 854255e-06
47	0.7	0.7	0.72	0.73	1	0.6 9	0,6599997 72561731	2,2743826944 0050e-07
48	0.7	0.72	0.73	0.69	1	0.6 9	0,6800034 82451421	-3,48245142 067771e-06
49	0.72	0.73	0.69	0.69	1	0.6 6	0,6500060 37966068	-6,03796606 746254e-06
50	0.73	0.69	0.69	0.66	1	0.6 6	0,6699933 28810400	6,6711895998 4947e-06

Газ-динамикалық құбылыстардың әртүрлі түрлерін тану үшін ең қолайлы архитектураларды таңдауға бағытталған кейіннен кезең-кезеңімен іріктеу арқылы нейрондық желі құрылымдарын оқыту және тестілеу алгоритмдерінің жүйесі әзірленді. Сәйкес бағдарламалық модульдер құрылып, операциялық бақылау жүйесінде тікелей жүзеге асырылатын нақты жасанды нейрондық желі (құрылымдық және салмақтық коэффициенттер) анықталды. белгілейік:

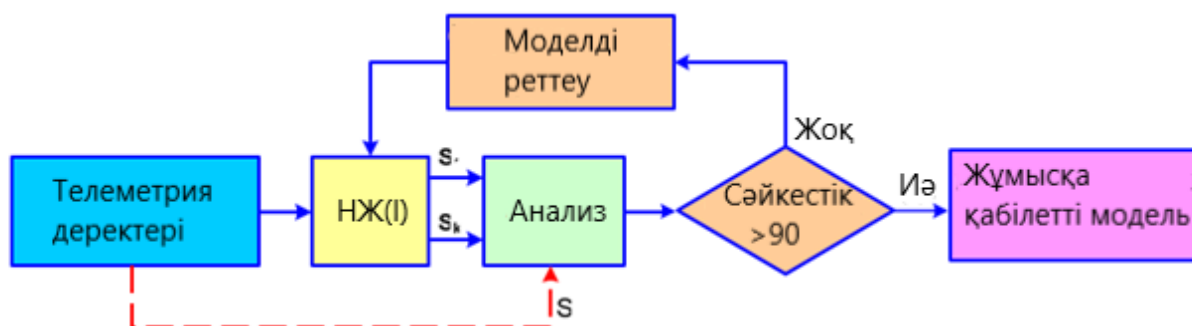
N^* - белгілі бір процестер немесе жағдайлар класы үшін тану және болжау дәлдігі критерийлері бойынша ең жақсы деп танылған нейрондық желі.

Нәтижелерді интерпретациялау алгоритмі әзірленді, оның ішінде тану сенімділігін тексеру және ұсынылған гипотезалардың нақты бақыланатын деректерге сәйкестігін бағалау.

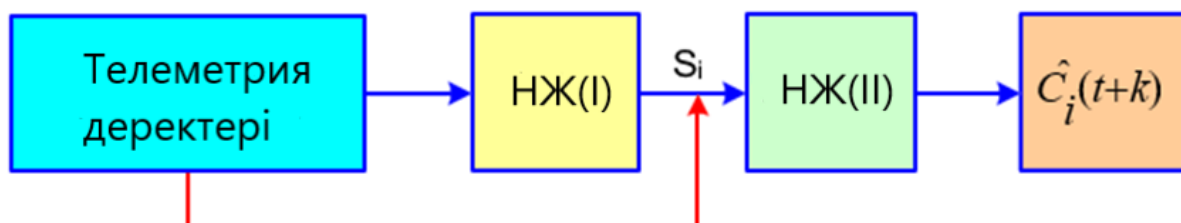
Барлық әзірленген алгоритмдер нақты өнеркәсіптік нысан жағдайында іске қосу, тестілеу және конфигурациялау үшін жарамды толыққанды бағдарламалық модуль ретінде жүзеге асырылады.

Нейрондық желі модельдерінің екі түрін пайдалануға негізделген газ-динамикалық процестерді тану және болжау мәселелерін шешуге өзіндік көзқарасты ұсынады (3.2 - суретті қараңыз):

- индикатор параметрлерінің нақты өзгерістері арқылы көрінетін газ-динамикалық жағдайларды ерте анықтау және анықтау үлгілері;
- осы индикаторлық айнымалылардың мінез-құлқын, атап айтқанда метан концентрациясының динамикасын болжауға арналған модельдер.



3.1 - сурет – Жаттығу процедурасы



3.2 - сурет – Жұмыс режимі

3.3 Оңтайлы нейрондық желі моделін таңдау алгоритмі

Шешілетін мәселе оқу деректерінің шектеулі көлемімен талап етілетін танудың дәлдігін қамтамасыз ете алатын нақты нейрондық желі (НН) моделін синтездеу болып табылады. Желілік құрылымның синтезі деп оның топологиясын таңдау процесі түсініледі, ол тұрақты конвергенцияға және оқытудың талап етілетін сапасына, сондай-ақ салмақ коэффициенттерінің оңтайлы мәндерін таңдауға кепілдік береді.

Жеңілдетілген тілмен айтқанда, нейрондық желіні келесідей функционалды түрде көрсетуге болады:

$$Y[k] = F(B, x) \quad (3.5)$$

мұндағы $Y[k]$ – оқытудың k - қадамындағы нейрондық желінің шығыс мәндерінің векторы;

B - $B_1, B_2, \dots, B_n$ құрылымдық матрицаларына кіретін салмақтар жиынтығы (бірнеше жасырын қабаттары бар желі үшін);

F – желінің функционалды негізін құрайтын белсендіру функцияларының жиынтығы;

x – жаттығу кескіндері (енгізілген деректер).

Орташа квадраттық қате ретінде көрсетілген оқу сапасының критерийін келесідей жазуға болады

$$Q = \sum_i \sum_j (Y_{ij}[k] - Y_i) \quad (3.6)$$

мұндағы $Y_{ij}[k]$ - i -ші кіріс кескіні үшін нейрондық желінің шығысы және k -ші жаттығу қадамындағы j -ші көрсеткіші;
 Y_i - оқиғалардың берілген класына сәйкес келетін анықтамалық (мақсатты) шығыс кескіні.

Тану процедурасының мақсаты осы квадраттық ауытқуды азайту болып табылады. Ұқсас пішінде кішірейту желі шығысы мен күтілетін нәтиже арасындағы ең жақсы сәйкестікті қамтамасыз ететін критерийді жаза аламыз

$$Q \rightarrow \min \quad (3.7)$$

X_{TX_T} жиыны нейрондық желі моделін оқыту процесінде пайдаланылмайтын кескіндер жиынтығы болып табылады.

$N1 \setminus \mathcal{N}_1$ моделінің $N2 \setminus \mathcal{N}_2$ үлгісіне қарағанда тану қабілеті жақсы деп айтылады, егер келесі шарт орындалса

$$QT(1) < QT(2)Q_T^{(1)} < Q_T^{(2)} \quad (3.8)$$

мұндағы QTQ_T сынақ жиынындағы қате.

Дегенмен, іс жүзінде шамадан тыс фитинг әсері жиі байқалады, онда модель QLQ_L жаттығу жиынында аз қатені көрсетеді

$$QL(1) < QL(2)Q_L^{(1)} < Q_L^{(2)} \quad (3.9)$$

Бірақ сонымен бірге

$$QT(1) > QT(2)Q_T^{(1)} > Q_T^{(2)} \quad (3.10)$$

Сынақ жиынындағы тану қатесін азайтуға бағытталған нейрондық желі моделін құру алгоритмін ұсынады, бұл модельді нақты жұмыс жағдайында тиімдірек етеді.

Тану сапасын жақсарту үшін суреттердің сынып ішілік ұқсастығы мен сынып аралық айырмашылығын бағалайтын эмпирикалық шара енгізіледі. Бағалау әдісі индикаторлық траекторияларды бейнелеу әдісіне байланысты. Мысалы, корреляциялық талдауды қолдануға болады, бірақ бұл тәсілдің шектеулеріне байланысты (көрсеткіштердің тұрақсыз әрекетіне байланысты) таңдалған метрика арқылы кескіндер арасындағы қашықтықты есептеуге негізделген геометриялық әдістерге артықшылық беріледі.

n_{in_i} кескіндер саны бар әрбір i класы үшін барлық эксперименттік деректерді талдау негізінде сынып ішіндегі кескіндер арасындағы орташа қашықтық есептеледі

$$R_i = \frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j \neq k} \text{dist}(x_j, x_k) \quad R_i = \frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j \neq k} \text{textdist}(x_j, x_k) \quad (3.11)$$

мұндағы $\text{dist}(x_j, x_k)$ – бір кластағы екі кескіннің Бұл мән жақындықтың сынып ішіндегі өлшемі ретінде түсіндіріледі.

Дәл осылай, екі түрлі i және j кластары үшін әртүрлі кластардағы кескіндер арасындағы қашықтық D_{ij} есептеледі, содан кейін барлық сынып жұптары үшін бастапқы кеңістіктің интегралды сапасын бағалау анықталады:

– $R = \frac{1}{m} \sum_i R_i$ – сыныпшылық орташа ұқсастық;

– $D = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i \neq j} D_{ij}$ – сыныптарлық орташа қашықтық.

Идеал жағдай $R \rightarrow 0$, және $D \rightarrow \infty$. Бұл жағдайда оқу жинағындағы қатені азайту сынақ жиынында жақсы тануға кепілдік береді. Егер R үлкен немесе D аз болса, келесі себептер болуы мүмкін:

1) Суреттер мен олардың сыныптары арасындағы қате сәйкестік (деректердегі немесе сараптамалық бағалаудағы қателер);

2) Қолданылатын көрсеткіштердің жеткіліксіз ақпараттық мазмұны;

3) Индикатор айнымалыларын алдын ала өңдеудің нашар жолы.

Алғашқы екі тармақ деректерді жинауды және таңбалауды ұйымдастыруға қатысты. Соңғысы нейрондық желіні оқыту сапасына тікелей байланысты. Сондықтан оқыту алгоритміне оқу кескіндерін жасау модулі (алдын ала өңдеу) енгізілген.

Ұсынылған оқыту алгоритмінің кезеңдері:

1) Үлгіні бөлу: индикаторлық траекторияларды өңдеуден кейін алынған кескіндердің бастапқы жиынтығы XLX_L оқу жиынына және XTX_T сынақ жиынына ерікті түрде бөлінеді.

2) Жаттығу қадамы: нейрондық желі салмақтарын жаңартудың бір итерациясы жаттығулар жиынтығы арқылы өту негізінде орындалады.

3) Жаттығу үлгісіндегі қатені бағалау: $QL[n]Q_L[n]$ қате мәні n -ші итерациядан кейін есептеледі.

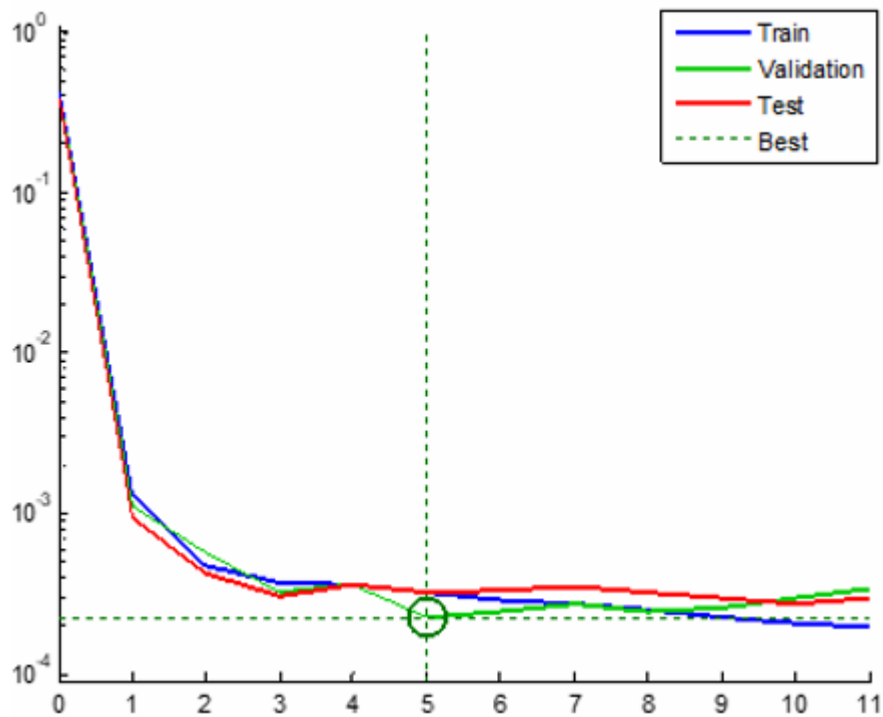
4) Сынақ жинағы бойынша қатені бағалау: сынақ жинағы ағымдағы желі арқылы іске қосылады және $QT[n]Q_T[n]$ қатесі есептеледі.

5) Қатені салыстыру: $QL[n]Q_L[n]$ және $QT[n]Q_T[n]$ мәндері желінің конвергенциясы мен жалпылау қабілетін бағалау үшін салыстырылады.

6) Қайталау: Кейбір жоғалту функциясы $\Phi[n]$ ең төменгі мәнге жеткенше процедура қайталанады.

$QL[n]Q_L[n]$ жаттығу жиынындағы қате әдетте итерациялар санының ұлғаюымен тұрақты және монотонды түрде төмендейтінін көрсетті (3.3 -

сурет). Сонымен қатар $QT[n]Q_T[n]$ сынақ жиынындағы қатенің әрекеті көп дәрежеде сынып ішілік және сынып аралық ұқсастықтардың арақатынасына байланысты ($R/DR/D$).



3.2 - сурет – Нейрондық желіні оқыту процесі

Бейнелердің тәуелсіз үлгілері бойынша оқытылатын әртүрлі топологиялары бар нейрондық желілерді зерттеу тану дәлдігі $QL[n]Q_L[n]$ жаттығуларындағы қателердің арақатынасымен және $QT[n]Q_T[n]$ сынақ $QT[n]Q_T[n]$ ** бұрын болжанғанға қарағанда күрделі түрде жиынтықтарымен анықталатынын көрсетті. Осы бақылаулардың негізінде $QL[n]Q_L[n]$ және $QT[n]Q_T[n]$ арасында эмпирикалық байланыс алынды, ол ары қарай оқыту мен тестілеу қатар жүргізілетін схемаларда оңтайлылық критерийі ретінде қарастырылады.

Бұл оңтайлылық критерийі келесідей тұжырымдалған

$$F(n) = f(Q_L[n], Q_T[n], N_s, N_h) \quad (3.12)$$

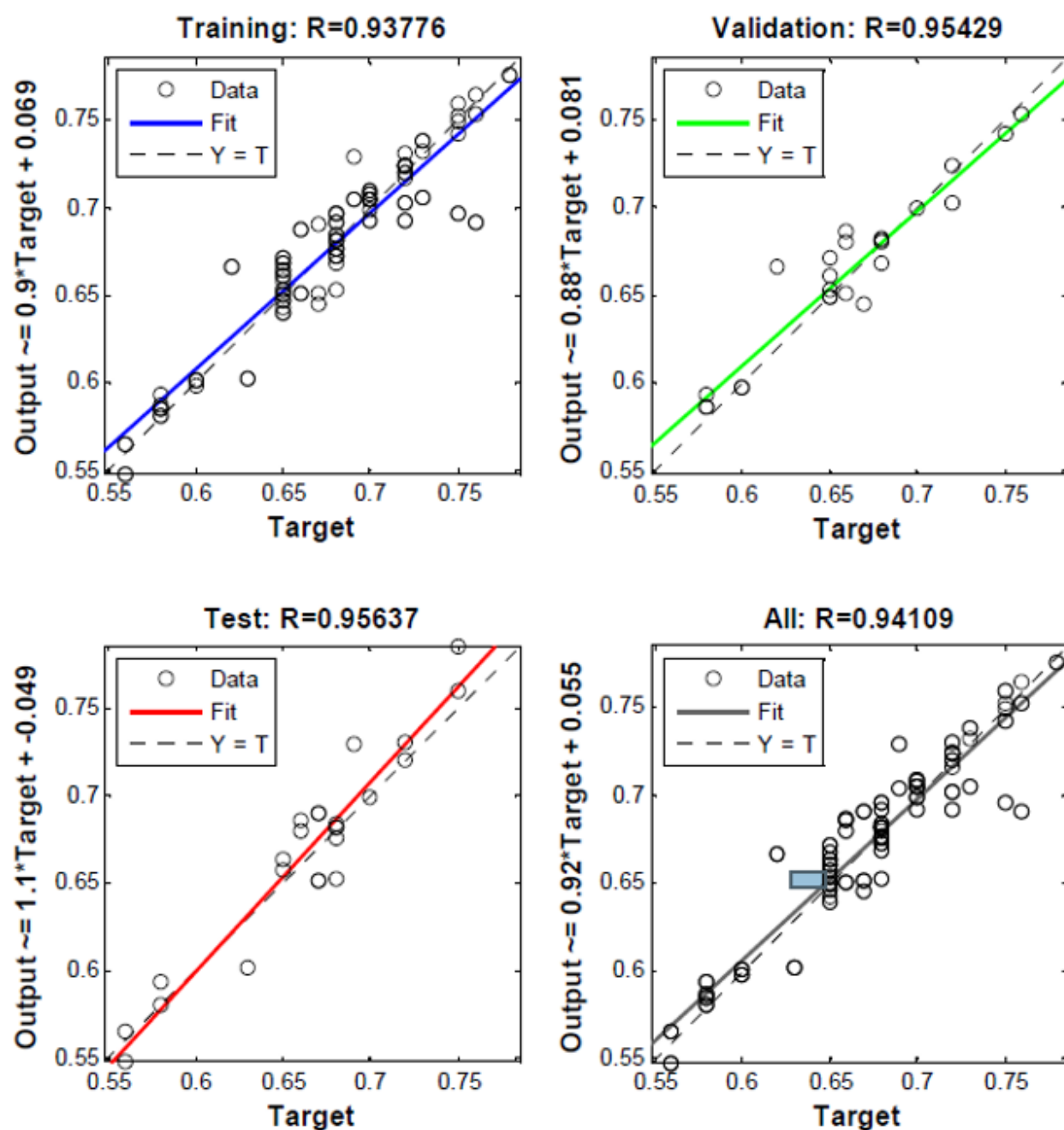
мұндағы N_s – нейрондық желінің аралық (жасырын) қабаттарындағы қосылымдар саны;

N_h – жасырын қабаттардағы нейрондар саны.

Қарапайым бір қабатты желілер үшін, мысалы, радиалды негіздегі функцияларға негізделген, оқу жиынындағы сыныптар анық бөлінген жағдайда, оқуды аяқтау критерийі шартты орындау болуы мүмкін

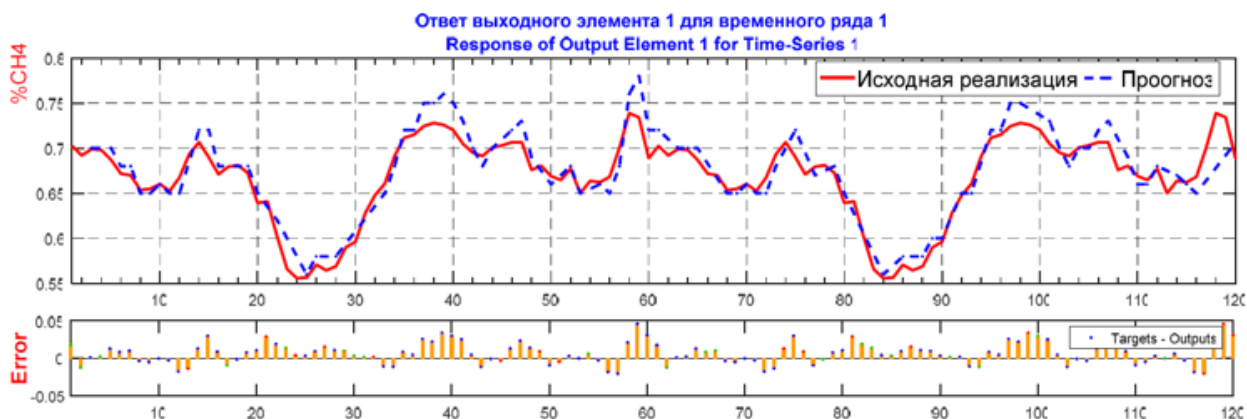
$$QT[n] > QL[n]Q_T[n] > Q_L[n] \quad (3.13)$$

Бұл артық орнатудың басталуы мен желінің жалпылау қабілетінің төмендеуін көрсетеді.



3.3 - сурет – Нейрондық желінің регрессия талдау нәтижелері

Уақыт қатарлары болжамының дәлдік көрсеткіштері келесі мәндерді көрсетеді: орташа квадраттық қате (MSE) $2,2505 \times 10^{-4}$ болды, ал орташа абсолютті қате жаттығу үлгісін пайдаланып есептелді. 3.5 - суретте $R = 0,94109$ тең корреляция коэффициентінің мәні көрсетілген, бұл нақты және болжамды деректер арасындағы сәйкестіктің жоғары дәрежесін көрсетеді.



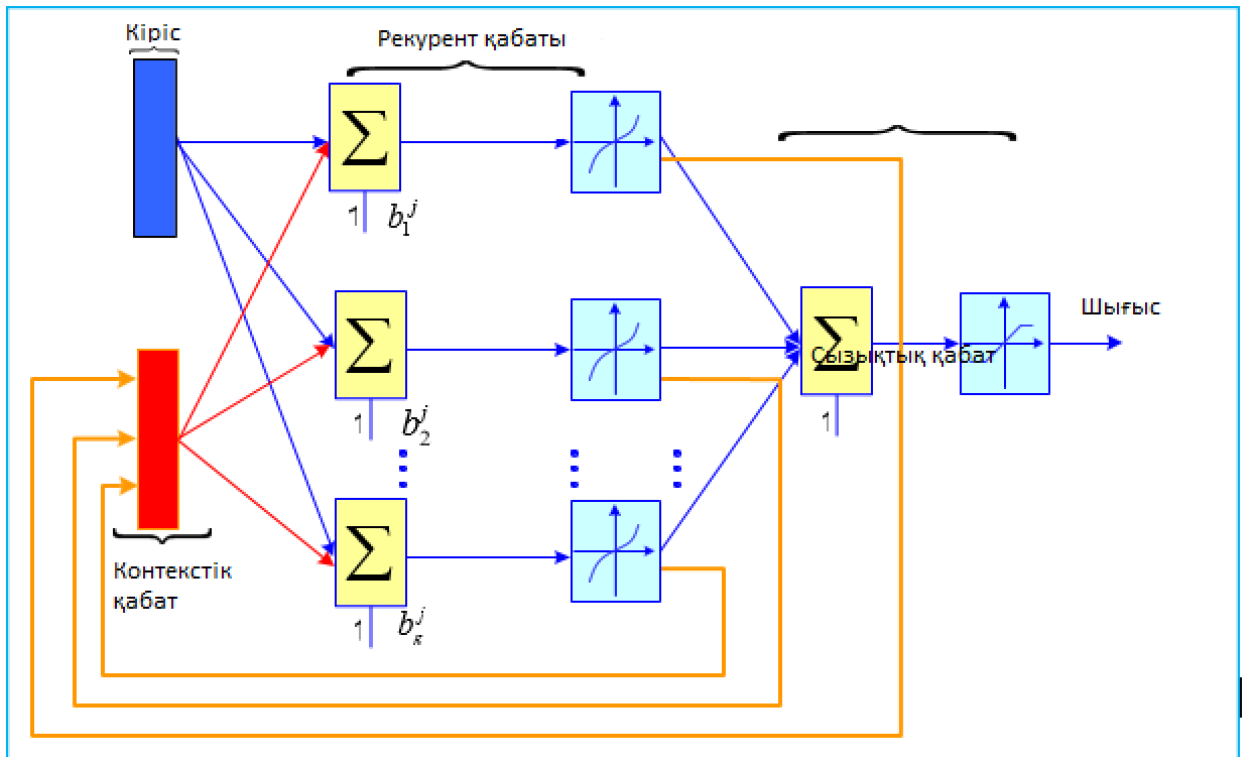
3.4 - сурет – Нәтижелерді модельдеудің концентрациялары

Elman нейрондық желісі таңдалды.

Эльманның қайталанатын нейрондық желісі екілік архитектурасы бар екіқабатты синхронды желі болып табылады, жасырын қабаттың шығыстарынан оның контекстік деңгей деп аталатын арқылы кірісіне кері байланыстың болуымен ерекшеленеді (3.6 - суретті қараңыз). Жасырын қабаттың әрбір нейронында контекстік деңгейде сәйкес элемент болады, соның арқасында кіріс деңгейі сыртқы деректер мен контекстік ақпараттың жиынтығы ретінде қалыптасады.

Әдетте, сигма тәрізді функция жасырын нейрондарды белсендіру функциясы ретінде қолданылады. Шығыс қабаты сигналдарды тек жасырын қабаттан қабылдайтын сызықтық нейрондардан құралады. Бұл желінің қайталанатын архитектурасы алдыңғы күйдің ($n-1$ уақытында) ағымдағы желілік жауапқа (n уақытында) әсерін есепке алу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл динамикалық уақыттық қатарларды талдау үшін ерекше маңызды.

Elman желісінің классикалық алға беру архитектурасының негізгі айырмашылығы - алдыңғы қадамдағы жасырын қабаттың шығыстарын сақтау арқылы «жадты» қамтамасыз ететін контекстік деңгейдің болуы.



3.5 - сурет – Жасырын қабаттың шығыстарынан оның контекстік деңгей

Нейрондық желі тәсілін қолдану айырмашылық схемалар форматында оқытуды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Динамикалық процестерді болжау контекстінде бұл бастапқы уақытты іске асырудың өзі емес, оның сызықты емес айырмашылығының түрі талданатынын білдіреді

$$y'(t) = \varphi\{dy(t)\} \quad (3.14)$$

мұндағы φ – өсімдерді түрлендірудің кейбір сызықтық емес функциясы.

Оңтайлы нейрондық желінің архитектурасын таңдау бұрын сипатталған әдістеме бойынша жүзеге асырылды. NN моделінің жалпы формасы келесідей анықталды

$$\hat{x}[i + k] = \varphi(\{A\}, \sim x[i], x[i - 1], \dots, x[i - m]) \quad (3.15)$$

мұндағы k – болжау қадамы;

m – кешіктіру тереңдігі;

φ – A параметрлері бар нейрондық желінің құрылымы.

Тәжірибе кезінде m және k мәндері өзгерді. k параметрі болжамның дәлдігіне айтарлықтай әсер етпейтіні анықталды, бұл ретте m мәнінің оңтайлы диапазоны 3 пен 5 аралығында болды.

Эксперименттік процедура тану тапсырмалары үшін қолданылатын процедураға ұқсас. Жаттығу мысалдарын қалыптастыру кіріс-шығыс жұбы, мысалы, келесі реттілік ретінде беріледі деп болжанған

$$\langle \sim x[i - 3], \sim x[i - 2], \sim x[i - 1], \sim x[i], \sim x[i + 1] \rangle \quad (3.16)$$

Деректер жинағы оқыту және тестілеу ішкі жиындарына бөлінді. Бірінші жартыжылдықта нейрондық желі оқытылды, содан кейін екінші бөлік тестілеу үшін пайдаланылды, ал алынған модель болжамдық мәндерді құру үшін пайдаланылды.

3.4 Есептеу эксперименттерін жүргізу (парафразаланған нұсқасы)

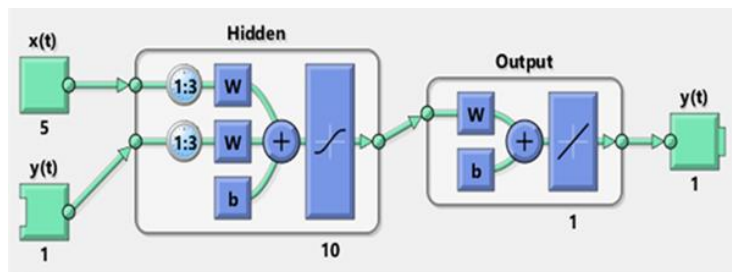
Есептеу эксперименттерінде Костенко шахтасындағы метан концентрациясының мәндерін көрсететін уақыттық қатарларды көрсететін деректер жиыны пайдаланылды. Бақылау ұзақтығы 1-ден 3 минутқа дейінгі жазба интервалымен 1-ден 2 сағатқа дейін болды. Бұл деректер белгілі бір тау-кен және технологиялық әсер болған жағдайда жазылған.

Тәжірибелерді жүргізу үшін уақыт қатарлары (мысалы, ұзақтығы $t = 60$ мин немесе $t = 110$ мин) екі бөлікке бөлінді:

- Бақылаулардың 70-80 % оқу жинағы ретінде пайдаланылды;
- 20 – 30 % – сынақ үлгісі ретінде.

Левенберг - Маркварт алгоритмі арқылы жүзеге асырылған кері таралу әдісін пайдалана отырып оқытылды. Негізгі бағдарламалық қамтамасыз ету ортасы ретінде MatLab Neural Network Toolbox кітапханасы пайдаланылды.

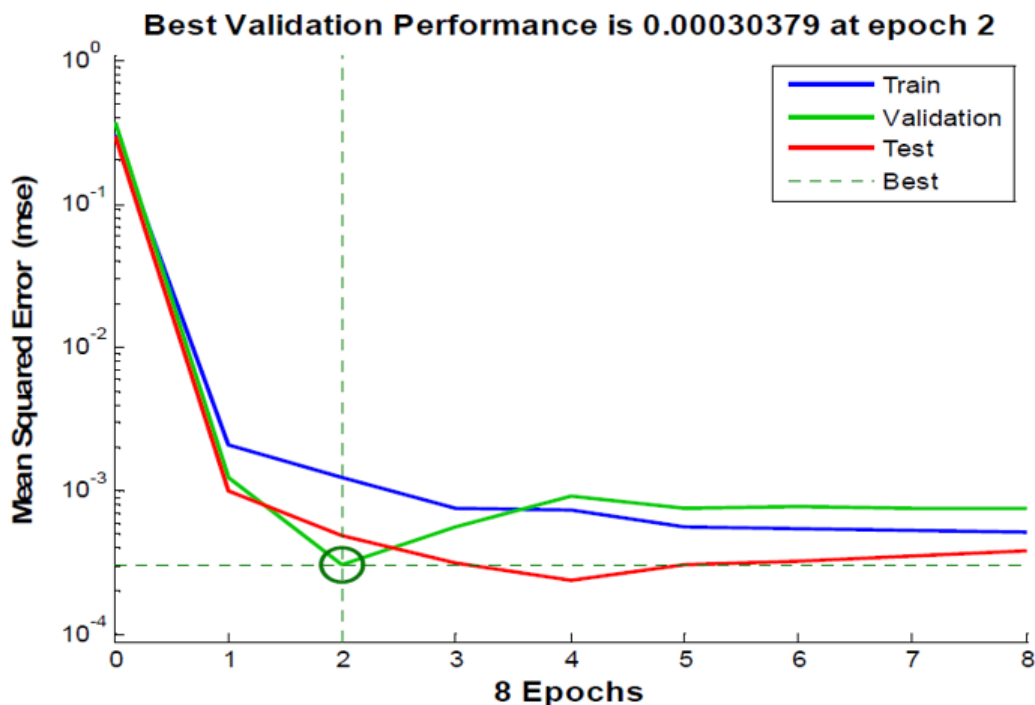
3.7-суретте NARX желісінің архитектурасы көрсетілген (арнайы уақыттық қатарларды болжау үшін бейімделген).



3.6 - сурет – NARX желісінің архитектурасы

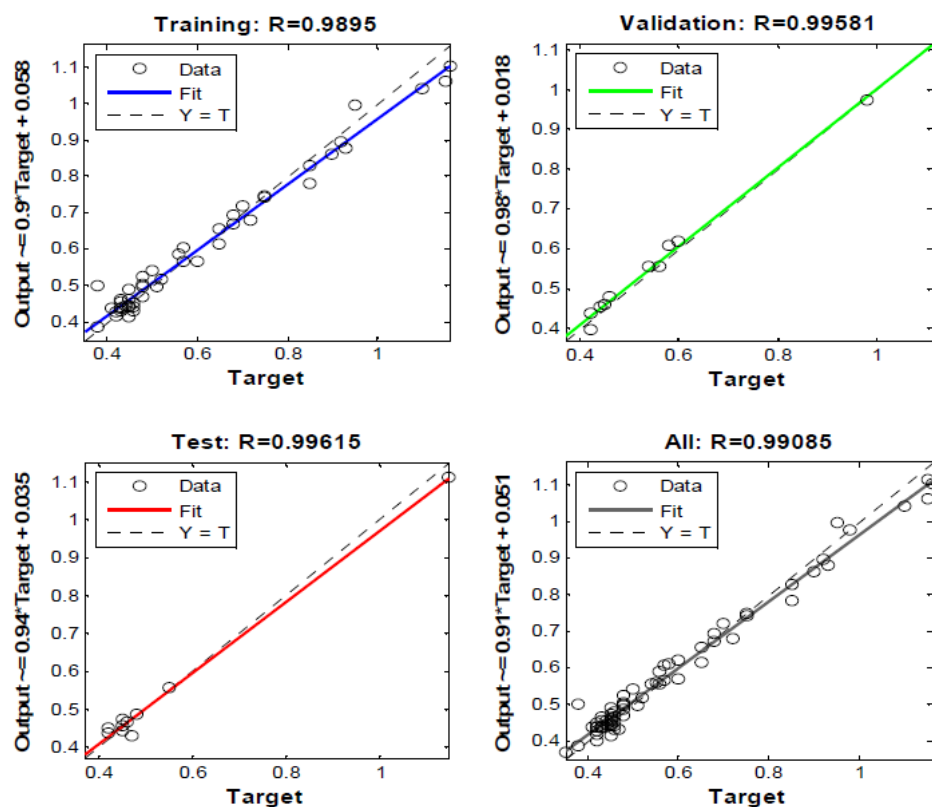
Нейрондық желілерді болжау модельдерін әзірлеу нәтижелері (газдинамикалық сценарийлер).

Сценарий А – бұрғылау және жару жұмыстары Болжау моделі бұрғылау және жару жұмыстары нәтижесінде пайда болатын газ-динамикалық процестердің сипаттамаларына бейімделді.

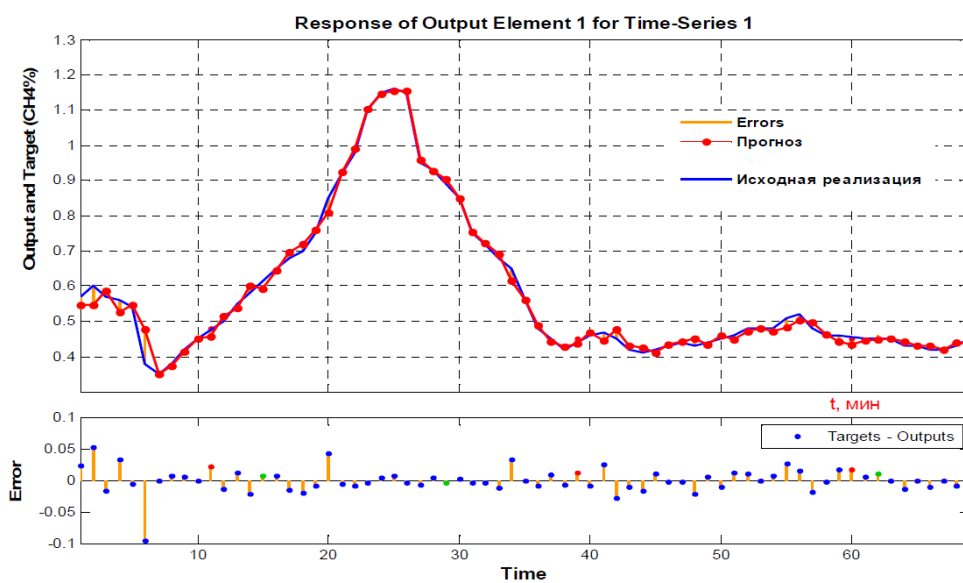


3.7 - сурет – Нейрондық желілерді оқыту процесі

Бұрғылау және жарылыс сценарийі бойынша уақыт қатарларының болжам қателері келесі көрсеткіштермен сипатталады: орташа квадраттық қателік (MSE) $3,03 \times 10^{-4}$. Орташа абсолютті қате жаттығу үлгісінде анықталды. Нейрондық желінің мақсатты мәндері мен шығыс деректері арасындағы сәйкестік дәрежесін көрсететін корреляция коэффициенті (R) (мұнда $R = 0$ корреляция жоқ, $R = 1$ толық сәйкестік) бірге жақын болды. 3.9 - суретте көрсетілген мәліметтер бойынша R мәні 0,98 болды, бұл модельдің жоғары дәлдігін көрсетеді.



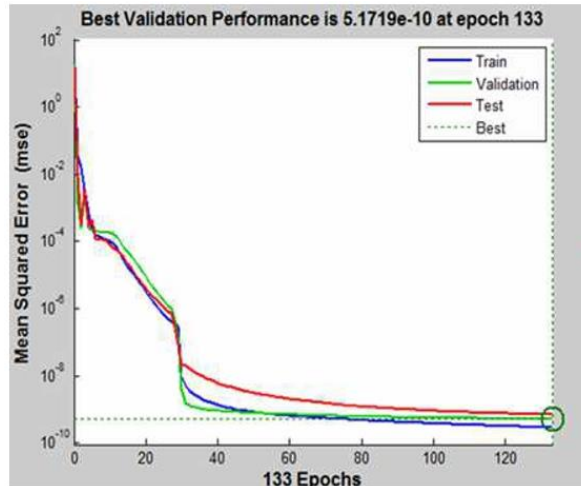
3.8 - сурет – Нейрондық желілердің регрессия талдау нәтижелері



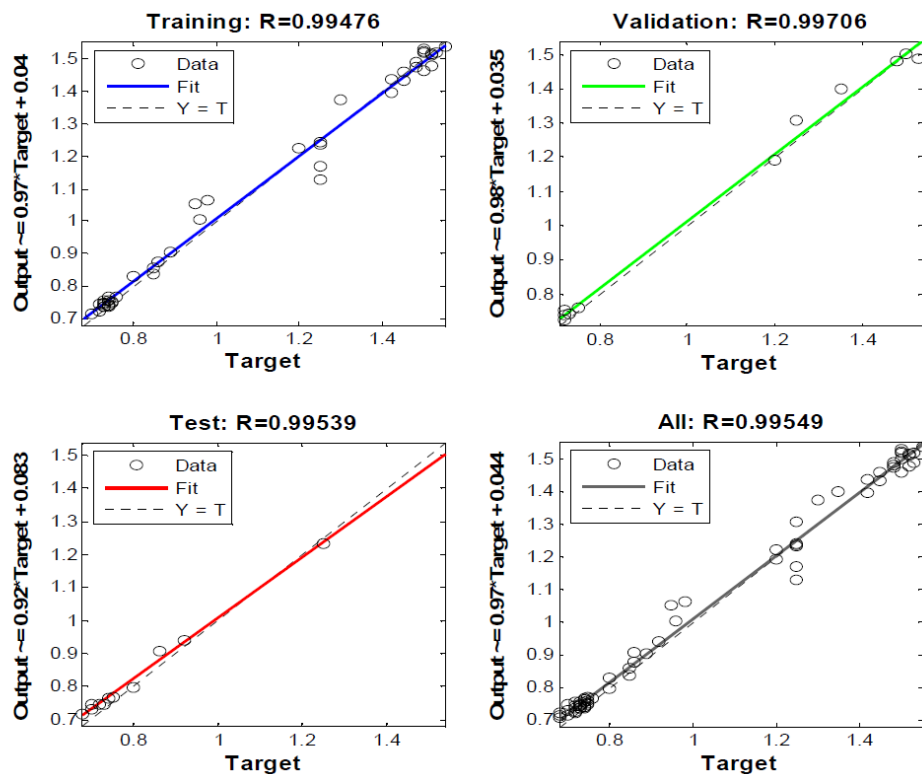
3.9 - сурет – Газ-динамикалық жүйелердің NN модельдеріне негізделген процестер

Сценарий Б: желдету режиміндегі техникалық ақаулар.

Қарастырылып отырған жағдай - желдету жүйесінің жұмысындағы ақаулар техникалық себептермен, мысалы, желдету жабдығының тоқтауы, ауа беру жүйесіндегі ақаулар немесе желдету желісінің аэродинамикалық сипаттамаларының өзгеруі.

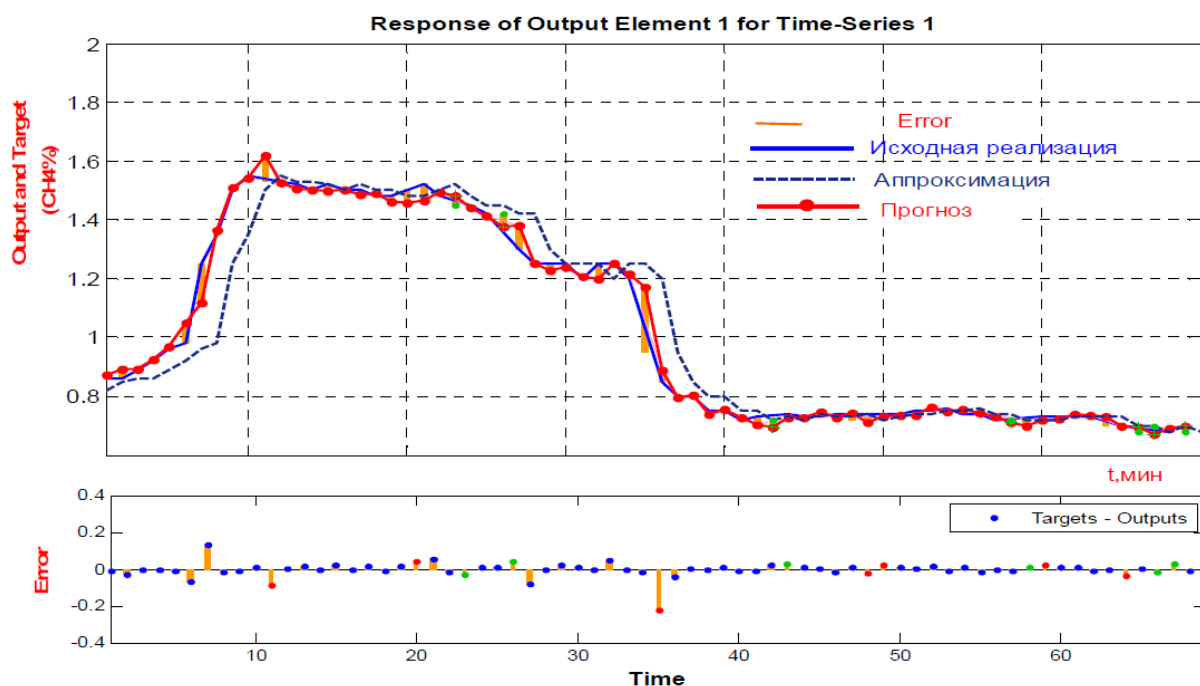


3.10 - сурет – Нейрондық желілерді оқытудың 133 дәуірлері



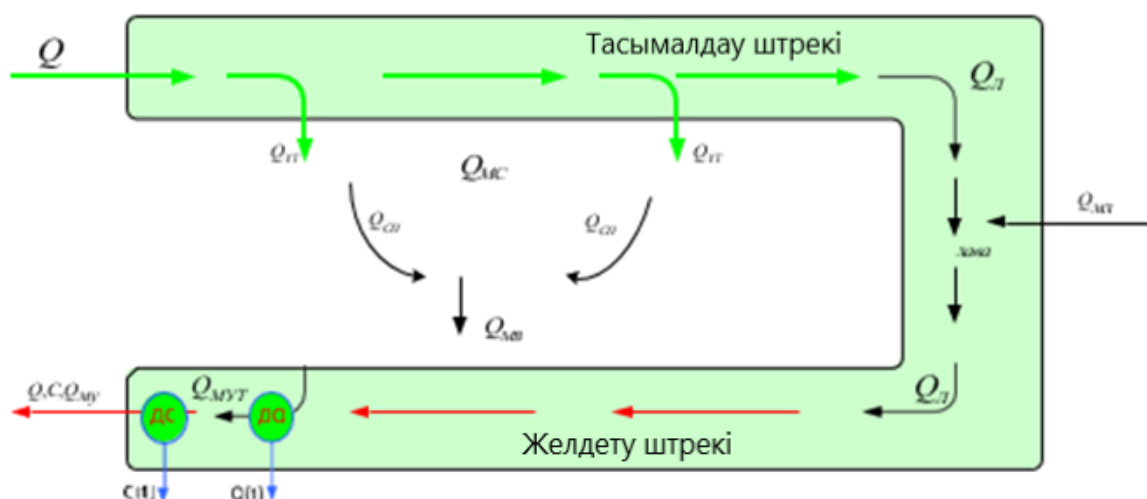
3.11 - сурет – Нейрондық желілердің регрессиялық талдауы

Желдету режимінің техникалық істен шығуы жағдайындағы уақыт қатары болжамының дәлдік көрсеткіштері келесідей: орташа квадраттық қате ($SSE(S2) = MSE = 5.17e-10$), ал орташа абсолютті қате жаттығу үлгісінде есептелді. 3.13-суретте көрсетілген корреляция коэффициенті нақты және болжамды мәндер арасындағы сәйкестіктің жоғары дәрежесін көрсетті және $R = 0,99\ 62\ 9$ болды, бұл толық дерлік корреляцияны көрсетеді.

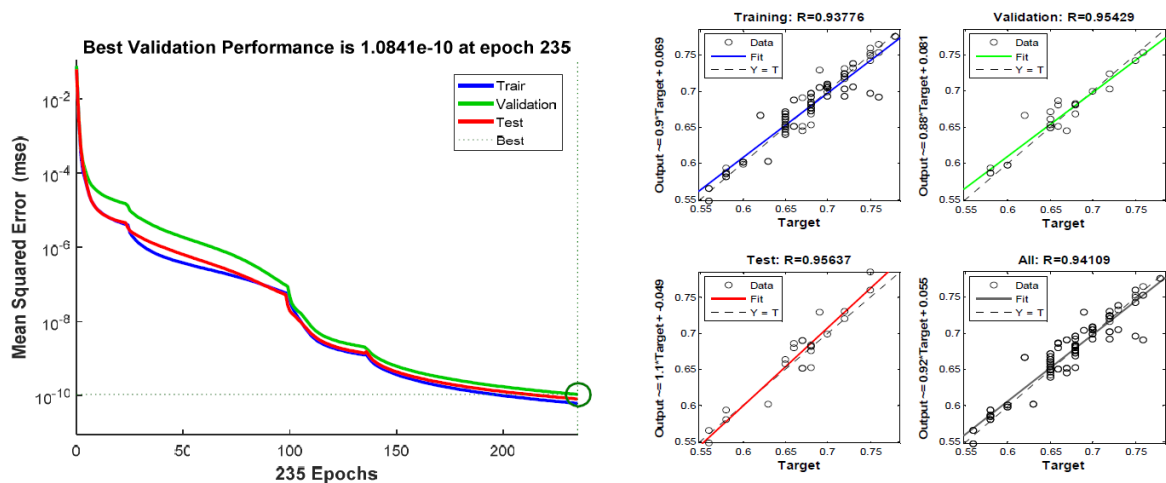


3.12 - сурет – Газ-динамикалық процесстерінің қосылуын болжау

Сценарий В – өңдеу алаңының дамыған кеңістігінен метанды сүзу.

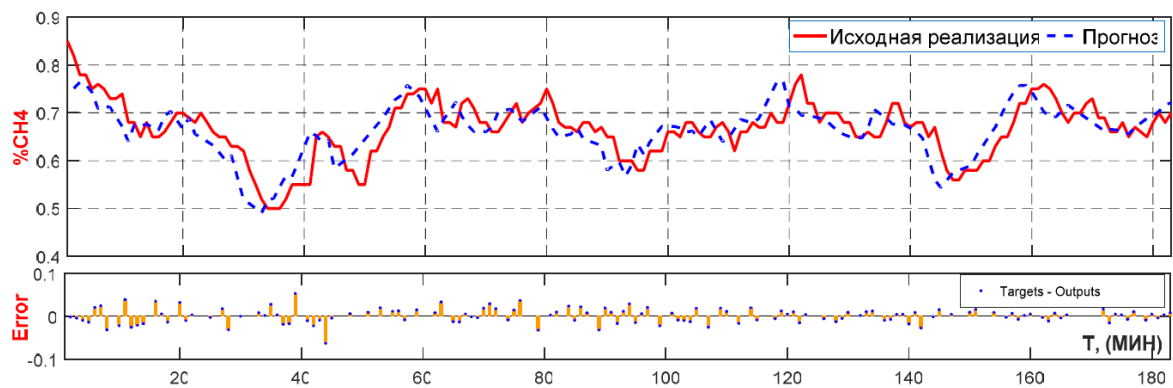


3.13 - сурет – Газ-динамикалық процесстерінің қосылуында дамыған кеңістік схемасы



3.14 - сурет – Нейрондық желілерді оқытудың 230 дәуірі және регрессиялық талдауы

Уақыттық қатарларды болжау дәлдігін бағалау нәтижелері келесіні көрсетті: орташа квадраттық қате $MSE = 1,0321 \cdot 10^{-10}$ болды, ал орташа абсолютті қате жаттығу үлгісі негізінде есептелді. Болжамдық деректер мен нақты мәндер арасындағы сәйкестік дәрежесін көрсететін корреляция коэффициенті $R = 0,94209$ болды (3.16-суретті қараңыз), бұл модельдің жоғары дәлдігін көрсетеді.



3.15 - сурет – Нәтижелерді модельдеу

Зерттеу бойынша тұжырымдар.

Есептеу эксперименттері кезінде газ-динамикалық жағдайдың үш түрлі класы зерттелді, олардың әрқайсысы 7-10 іске асырумен ұсынылған. Нейрондық желі құрылымдарын модельдеу және құру MATLAB ортасында ашық кітапханаларды пайдалана отырып жүргізілді көзі - нейрондық желілерді кезең-кезеңімен таңдауды жүзеге асыратын бағдарламалық модульдерді әзірлеудегі Anaconda экожүйелері .

Оңтайлы нейрондық желінің архитектурасын талдау және таңдау оқыту және сынақ үлгілерінің әртүрлі комбинациялары негізінде орындалды. $N(i, h_1, o)$ типті құрылымдар зерттелді, мұнда жасырын нейрондардың саны (h_1) 5-тен 10-ға дейін өзгерді. Нәтижесінде газ-динамикалық жағдайлардың әрбір класы үшін ең қолайлы құрылымдар анықталды

- $N_1(i, 10, 1)$,
- $N_2(i, 7, 1)$,
- $N_3(i, 5, 1)$.

Операциялық сәйкестендіру кезінде тану қателері сәйкесінше 2,4%, 7,2% және 8,3% құрады.

$\Delta t = 3$ минут қадамымен $t = 120$ минут сынақ интервалында болжау кезінде орташа қателік 5,1% құрады, бұл симуляциялық модельдеу үшін де, шахта жағдайында практикалық қолдану үшін де қолайлы.

Зерттеу келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік берді:

1) Оқу бейнелерін қалыптастыру көп жағдайда шығармашылық міндет болып табылады, оның нәтижелері нақты тау-кен-геологиялық жағдайларға және таңдалған көрсеткіштерге қатты байланысты.

2) Қателердің кері таралуымен NN тиімді пайдалану индикаторлық сигналдарды алдын ала өңдеуді және жаттығулардың жылдамдығы мен дәлдігі критерийлері негізінде архитектураны мұқият таңдауды талап етеді.

3) Жаттығудың дәлдігі мен тану табысының арасында күрделі байланыс бар, ол оқу кеңістігінің құрылымы мен желі конфигурациясына байланысты.

4) Параллельді оқыту және тестілеу бар әзірленген алгоритм жоғары тиімділігін көрсетті және берілген тапсырмаларды шешуге қабілетті.

5) Ұсынылған ANN архитектурасының негізгі кемшілігі оның елеулі тану қателеріне бейімделу мүмкіндігінің шектеулілігі ($>10\%$).

6) Бұл кемшілікті Мао Хэ шахтасын бақылау жүйесінде жұмыс кезінде үлгілерді мезгіл-мезгіл қайта конфигурациялау арқылы жоюға болады.

7) Көрсеткіш траекторияларын өңдеу әдістері оқыту үлгісін қалыптастыру сапасын жақсарту үшін қосымша зерттеулерді қажет етеді.

8) Нейрондық желі модельдері практикалық талаптарды қанағаттандыратын метан концентрациясын болжаудың қолайлы дәлдігін қамтамасыз етеді.

9) Ұсынылған тәсіл нақты уақыт жағдайында өзінің тиімділігін дәлелдеді және жоғары жүктеме және метанның біркелкі таралуы сияқты күрделі тау-кен және технологиялық жағдайларда желдетуді басқаруға тиімді қолданылуы мүмкін.

4 Даму алгоритм басқару жанкүйерлер жергілікті желдету бірге пайдалану нейрондық желілер модельдер

4.1 Нейрондық желілер модельдерді басқаруды желдетудің шахталар жүйесі

Жоғарыда атап өтілгендей, жалпы шахталық желдету жүйесін басқару алгоритмдері, сондай-ақ жергілікті желдеткіш желдеткіштердің (ЖЖЖ) жұмысы аэрогаздинамикалық процестерді бақылаудың біріктірілген жүйесінің құрамдас бөлігі болып табылады. Олардың жұмысын қамтамасыз ететін модельдер интеллектуалды аналитикалық платформа аясында қалыптасады.

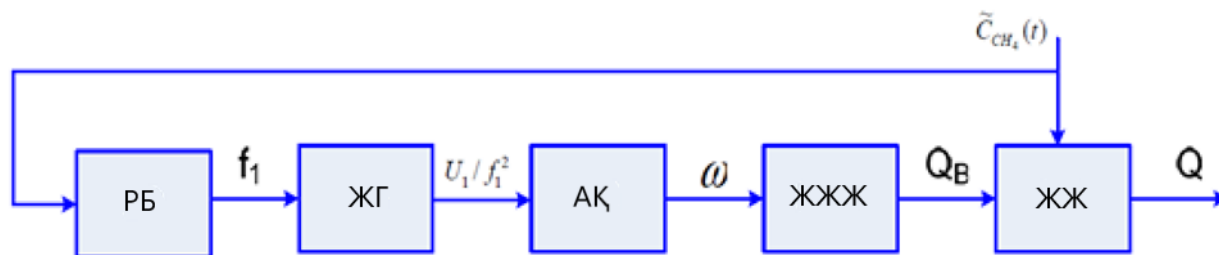
Бұл жүйенің негізгі функциялары: басқару объектісінен алынған сенсорлық ақпаратты жинау, тіркеу және ұзақ мерзімді сақтау, сонымен қатар оны басқару персоналына визуалды түрде көрсету.

Сонымен қатар, жүйенің жұмысында автордың қатысуымен жасалған арнайы бағдарламалық модульдер маңызды рөл атқарады. Бұл модульдер болжамды талдаудың заманауи әдістерін пайдалана отырып, ағымдағы газ-динамикалық режимдер мен технологиялық күйлерді жедел талдауға мүмкіндік береді. Аналитикадан басқа бағдарламалық пакет шешім қабылдауды қолдауды қамтамасыз етеді: ол болжамды метан деңгейіне назар аудара отырып, желдету режимдерін жылдам реттеу және шахталық желдету желісінің (ШЖЖ) нақты учаскелеріндегі ауаны беруді реттеу үшін ЖЖ басқару жүйесін автоматты түрде іске қоса алады. Жүйе сонымен қатар шахтадағы ауа ағындарының жалпы таралуын үйлестіреді.

Бағдарламалық пакеттің функционалдық міндеттеріне мыналар жатады:

- 1) Аэрогаздинамикалық мәліметтерді талдау және ағымдағы жағдайды түсіндіру;
- 2) Желдету желісінің әртүрлі учаскелеріндегі метан концентрациясын болжау;
- 3) Желдетудің жекелеген тармақтарына ауа берудің қажетті көлемдерін анықтау;
- 4) Ауа ағындарын өзгерту мүмкіндігін бағалау және ауа ағынын реттегіштер үшін бақылау әрекеттерін қалыптастыру;
- 5) ЖЖЖ автоматты басқару жүйелерін қосу және өшіру уақытын орнату, сонымен қатар желдеткіштердің айналу жылдамдығын басқаратын PI контроллерлерінің параметрлерін жедел реттеу.

Бұл диссертацияда қойылған мақсат желдету режимдерін автоматты басқару жүйесінің (АБЖ) бөлігі ретінде пайдалануға арналған жергілікті желдеткіш желдеткіш үшін басқару алгоритмін құру болды. Мұндай жүйенің жалпы архитектурасы 4.1 - суретте көрсетілген, мұнда келесі элементтер белгіленген: РБ – реттеуші блок, ЖГ – жиілікті түрлендіргіш, ЖЖ – желдету желісі.



4.1 - сурет – АБЖ құрылымы

Жүйе жергілікті желдеткіш желдеткішті (ЖЖЖ) басқаратын асинхронды электр қозғалтқышына (АҚ) қуат беретін жиілік түрлендіргішінен тұрады. Жұмыс кезінде ЖЖЖ желдету желісіне бағытталған ауа ағынын құрайды.

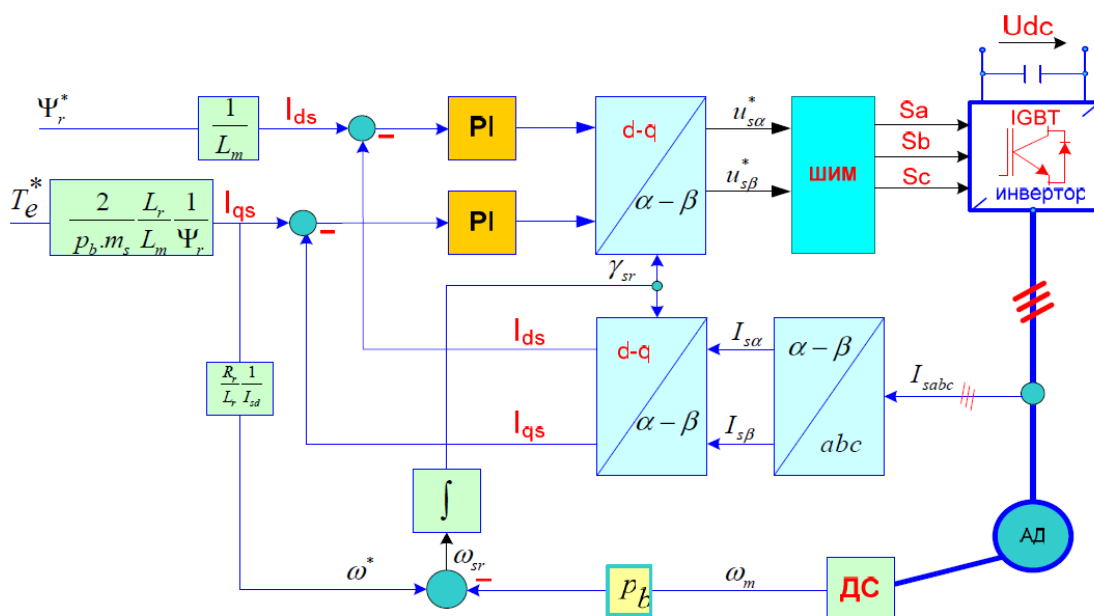
FC-AM жүйесінің моделі жиілік түрлендіргішінің қуат және басқару бөліктерін де қамтиды. Қуат бөлігі үшін жеңілдетулер жасалды: қуат кілттері идеалды болып саналады, ал олардың ауысуы импульстік еңнің тәуелсіз модуляциясы (ETM) схемасына сәйкес жүзеге асырылады.

4.2 PI контроллерінің параметрлерін нейрондық желінің баптауымен VMP асинхронды қозғалтқыш жетегінің жылдамдығын басқару алгоритмін құру

4.2.1 Жетектерді басқару жүйесінің құрылымы

4.2-суретте жергілікті желдеткіш желдеткіш (ЖЖЖ) үшін қолданылатын асинхронды электр жетегінің жанама векторлық басқару диаграммасы көрсетілген. Векторлық басқарудың бұл әдісі қазіргі уақытта жылдамдықты басқару диапазонына және жүйенің динамикалық жауап беру қабілетіне жоғары талаптар қойылатын өнеркәсіптік жүйелерде кеңінен қолданылады.

Векторлық басқару ағынның байланысын және электромагниттік моментті тәуелсіз басқаруға мүмкіндік береді, бұл тиімді және жылдам әрекет ететін реттеуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Басқару d–q координаттар жүйесінде орындалады, онда асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделінің теңдеулері басқару алгоритмдерін іске асыру үшін ыңғайлырақ пішінге дейін төмендетіледі. Бұл жүйеде d осі ротордың магнит ағынының векторы бойымен бағытталған, ал q осі оған перпендикуляр болып, ағын мен момент бойынша басқару әрекеттерін бөлуді қамтамасыз етеді.



4.2 - сурет – жанама өріс басқарудың блок-схемасы (IFOC - жанама өріс бағдарланған басқару)

4.2-суреттегі параметрлер:

— R_r – қозғалтқыш білігінің қозғалмайтын күйінде (қозғалтқыш тежелген) өлшенетін ротор орамасының қысқа тұйықталу кедергісі.

— L_r – ротор арқылы өтетін магнит ағынының үлесін көрсететін, бірақ статормен әрекеттеспейтін және айналу моментін құруға қатыспайтын ротордың ағып кету индуктивтілігі.

— L_m – статор мен ротор арқылы бір уақытта жабылатын магнит ағынының бөлігін сипаттайтын және айналу моментінің түзілуіне тікелей әсер ететін негізгі индуктивтілік.

— Ψ_s – статор магнит ағынының векторы, Вб;

— Ψ_r – ротордың магниттік ағынының векторы, Вб.;

— T_e - қозғалтқыш тудыратын электромагниттік момент, Вб × м;

— M_s - сыртқы жүктеменің статикалық моменті, м³;

— ω_m – секундына радианмен өлшенетін ротордың бұрыштық жылдамдығы, м/с;

— J – қозғалтқыш роторына дейін келтірілген бүкіл жетектің инерция моменті, кг×м².

Ағынның бағдарлануын басқару (FOC) әдісін жүзеге асырудың негізгі элементі координаттарды түрлендіру болып табылады. Өлшенетін ток векторы стационарлық α - β координаттар жүйесінде бекітілген. Басқаруды жүзеге асыру үшін оның құрамдас бөліктерін ($I_{s\alpha}$, $I_{s\beta}$) ротор ағынымен синхрондалған айналмалы d-q координаттар жүйесіне айналдыру керек. Сол сияқты басқару кернеуі ($U_{s\alpha}$, $U_{s\beta}$) айналмалы d-q жүйесінен стационарлық α - β жүйесіне қайта түрленеді.

Бұл жағдайда ротордың магнит ағыны векторының айналуының бұрыштық жылдамдығы басқару синхронизациясын қамтамасыз ететін арнайы формула арқылы есептеледі.

$$\omega_{rs} = \omega_{sl} + p_b \omega_m, \quad (4.1)$$

$$\omega_{rs} = \omega_{sl} = \frac{1}{I_{sd}} \frac{R_r}{L_r} I_{sq} \quad (4.2)$$

Нөлдік фаза тізбегінің құрамдас бөліктері болмаған жағдайда - мысалы, қозғалтқыш орамдары бейтарап сымды қоспай жұлдызды конфигурацияда қосылған болса - $U_a + U_b + U_c = 0$ теңдігі жарамды. Бұл вектордың үшінші координатасы қалған екеуіне сызықтық тәуелді болады дегенді білдіреді. Нәтижесінде қажетті координат түрлендірулерінің саны біреуге азаяды. Осылайша, үш фазалы координаттар жүйесінен (a, b, c) екі компонентті жүйеге (α , β) өту векторлық-матрицалық түрде жүзеге асырылуы мүмкін.

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} \cos 0 & \frac{2}{3} \cos(-\frac{2\pi}{3}) & \frac{2}{3} \cos(\frac{2\pi}{3}) \\ -\frac{2}{3} \sin 0 & -\frac{2}{3} \sin(-\frac{2\pi}{3}) & -\frac{2}{3} \sin(\frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}, \quad (4.3)$$

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}, \quad (4.4)$$

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 & 1 \\ \cos(-\frac{2\pi}{3}) & -\sin(-\frac{2\pi}{3}) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix}, \quad (4.5)$$

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix}, \quad (4.6)$$

$$U_d = \frac{2}{3} \left[\left(U_a \cos \theta + U_b \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) + U_c \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \right) \right], \quad (4.7)$$

$$U_q = \frac{2}{3} \left[\left(U_a \sin \theta + U_b \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) + U_c \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \right) \right] \quad (4.8)$$

(d, q) дан (a, b, c):

$$U_a = U_d \cos \theta - U_q \sin \theta, \quad (4.9)$$

$$U_b = U_d \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) - U_q \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}), \quad (4.10)$$

$$U_c = U_d \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) - U_q \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \quad (4.11)$$

Кларк түрлендіруінен кейін үш фазалы жүйе қозғалмайтын екі өлшемді координаттар жүйесіне (статикалық жүйе) айналады, оны Парк түрлендіру арқылы одан әрі ротордың магнит өрісімен синхронды айналмалы (d, q) жүйеге айналдыруға болады. Бұл қозғалтқыш моменті мен ағынын басқаруды жеңілдетеді.

Белгілейік фазаның лездік мәндері статордағы токтар a, b және c фазаларына сәйкес, өйткені i_a , i_b және i_c 0

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Содан кейін токтарды стационарлық координаттар жүйесінен (α , β) айналмалы координаттар жүйесіне (d, q) ауыстыруға мүмкіндік беретін Парк түрлендіруі қолданылады. Бұл жүйеде d- осі магнит өрісі векторының бағытымен тураланады, ал q - осі оған перпендикуляр, айналу моментін құруға жауапты. i_d және i_q статор тоғының құрамдас бөліктері келесі формулалар арқылы есептеледі:

- мұндағы i_d магнит ағынын жасайтын құрамдас бөлікке сәйкес келеді;
- және i_q электромагниттік моменттің қалыптасуына жауап береді.

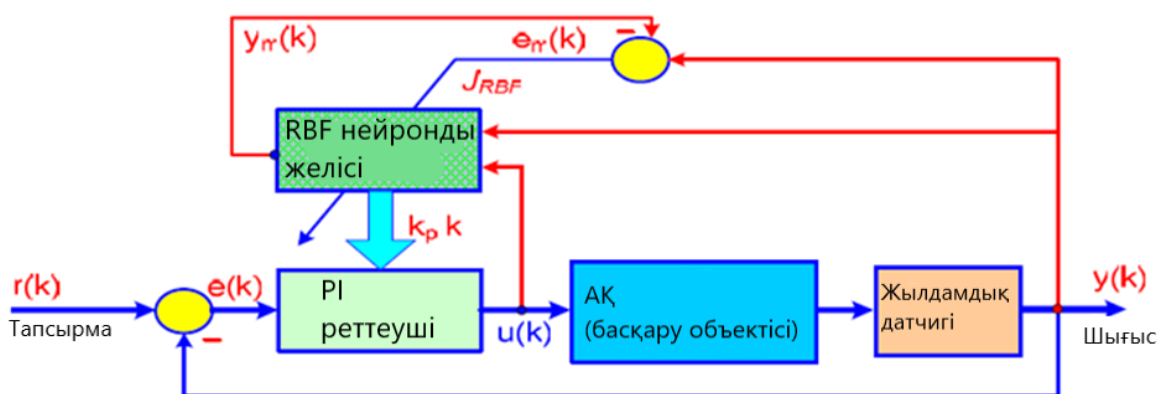
Бұл түрлендіру басқару алгоритмдерін жеңілдетуге мүмкіндік береді, өйткені айналмалы координаттар жүйесінде қозғалтқыш параметрлері тұрақты болады.

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

Бұл контроллерге ротордың координат жүйесінде берілген мәнің ток векторларын қалыптастыру үшін статор орамаларына берілуі керек кернеу мәндерін есептеуге мүмкіндік береді. Содан кейін есептелген кернеу кері түрлендіріледі - алдымен кері Парк түрлендіруі арқылы, содан кейін кері Кларк түрлендіруі арқылы – статорға берілетін үш фазалы кернеу түріне.

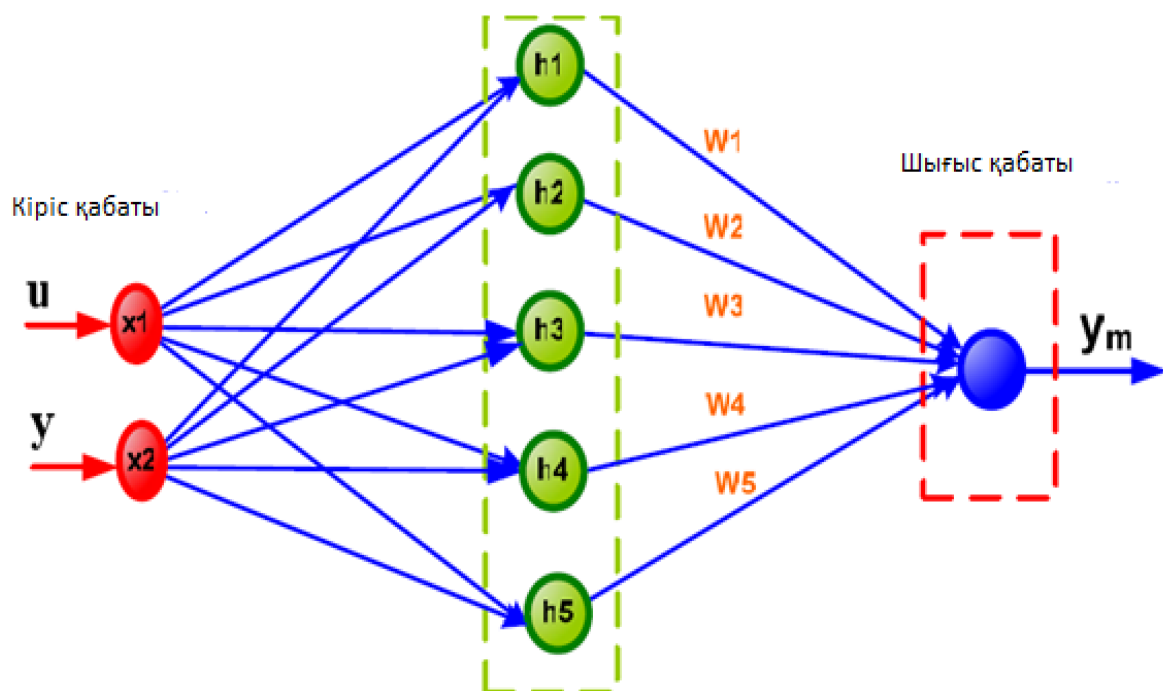
4.2.2 Асинхронды қозғалтқыш негізіндегі VMP электр жетек жылдамдығының PI контроллерінің параметрлерін нейрондық желіні баптау алгоритмін жасау

PI контроллерлері динамикалық объектілерді басқару жүйелерінде, соның ішінде асинхронды қозғалтқыштарды басқаруда бұрыннан қолданылған. Дегенмен, классикалық PI контроллерлерінің бірқатар шектеулері мен кемшіліктері бар. Бұл жұмыста асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын басқару алгоритмін оперативті реттеу үшін параметрлердің нейрондық желіні баптауы бар контроллерді пайдалану ұсынылады. Ұсынылған басқару жүйесінің құрылымы 4.3 - суретте көрсетілген, мұнда параметрлерді анықтау үшін RBF типті нейрондық желі қолданылады: k_p және k_i .



4.3 - сурет – Басқару жүйесінің құрылымы

Радиалды негіздегі функцияларға негізделген нейрондық желі (RBF) үш деңгейлі алға беру архитектурасы болып табылады, мұнда радиалды негіз функциялары белсендіру функциялары ретінде пайдаланылады. Желі шығысы жасырын қабаттағы нейрондардың салмақты жауаптарының сызықтық комбинациясы ретінде қалыптасады. Мұндай желілер жуықтауда, уақыттық қатарларды болжауда және классификациялық есептерде кеңінен қолданылады. RBF желілерінің негізгі артықшылығы – жоғары оқу жылдамдығы және күрделі жүйелерді басқару кезінде әсіресе маңызды болып табылатын жергілікті минимумдарда тұрып қалу мәселесіне төзімділік. Осыған байланысты контроллер параметрлерін басқару үшін әзірленген алгоритмде RBF желісі таңдалды. Қолданылатын нейрондық желінің құрылымы 4.4-суретте көрсетілген.



4.4 - сурет – RBF нейродық желісінің торы

Сонымен қатар, Jacobian осы басқару стратегиясы аясында PI контроллерінің параметрлерін баптау процесінде маңызды рөл атқарады.

Радиалды функцияларға (RBF) негізделген нейрондық желі үш қабатты қамтиды: кіріс, жасырын және шығыс. Желі RBF желісінің кіріс бөлігіне берілетін кіріс векторын құра отырып, екі кірісті алады.

Гаусс функциясы пайдаланылады. Жасырын нейрондар радиалды негіз функциясы ретінде Гаусс функциясын жүзеге асыра отырып, базистік элементтер ретінде әрекет етеді. Осылайша, радиалды негіз векторының әрбір элементін Гаусс тәуелділігі арқылы сипаттауға болады

$$h_j(x) = \exp \left[-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b^2} \right] \quad j = 1, 2, \dots, 5 \quad (4.14)$$

мұндағы X - нейрондық желіге берілетін кіріс векторы.

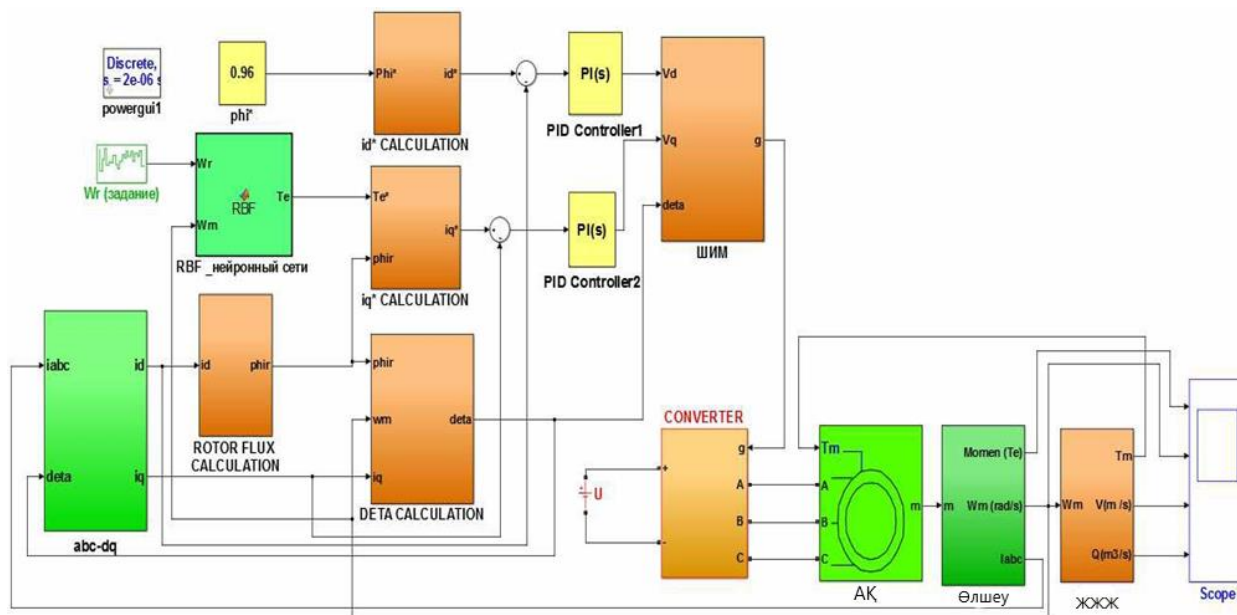
Бұл сияқты сөйтіп, шығу желілер мүмкін болуын білдірді келесі жолы

$$y_m(k) = \sum_{j=1}^J \omega_j h_j(x) \quad (4.15)$$

мұндағы, ω_j – RBF нейрондық желінің салмақтары.

Бұл сияқты сөйтіп, процесс басқару RBFNN-PI (4.5-сурет) Мүмкін болу қысқаша сипатталған келесідей:

- таныстырылуда Барлығы қолжетімді мағыналары қосулы қадам k ;
- ол есептелуде желі шығу j_m қосулы негізі жиналған деректер;
- якоби матрицасының реконструкциясы;
- олар конфигурациялануда параметрлері PI реттегіші;
- қызмет көрсетілді менеджер команда қосулы асинхронды қозғалтқыш;
- ол орнатылу қадамы $k = k + 1$.



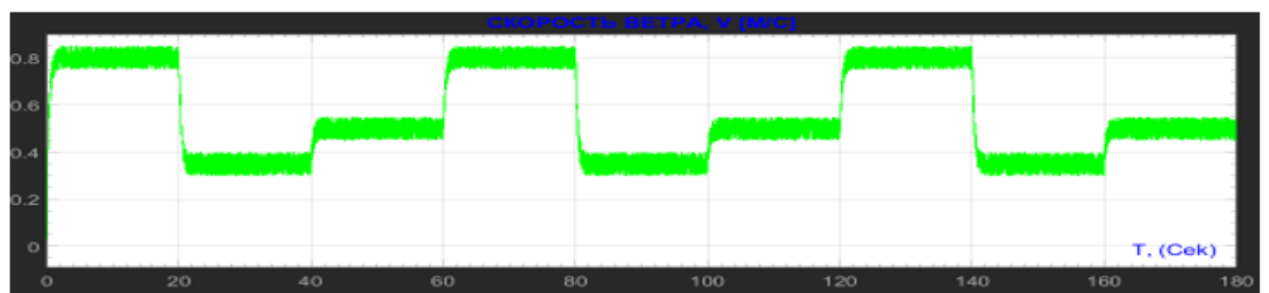
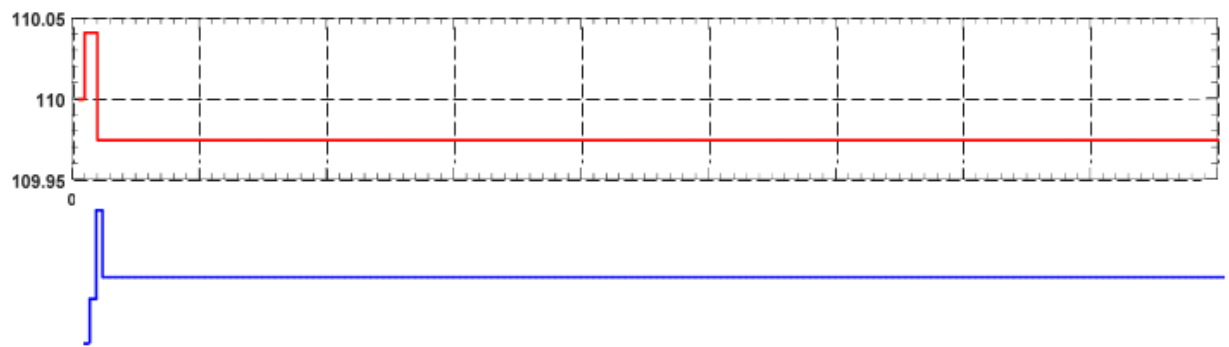
4.5 - сурет – Үлгі Simulink үшін басқару жүргізу асинхронды қозғалтқыш ЖЖЖ

4.2.3 Нәтижелерді модельдеу. Басқару процестерінің нәтижелерін MATLAB ортасында модельдеу

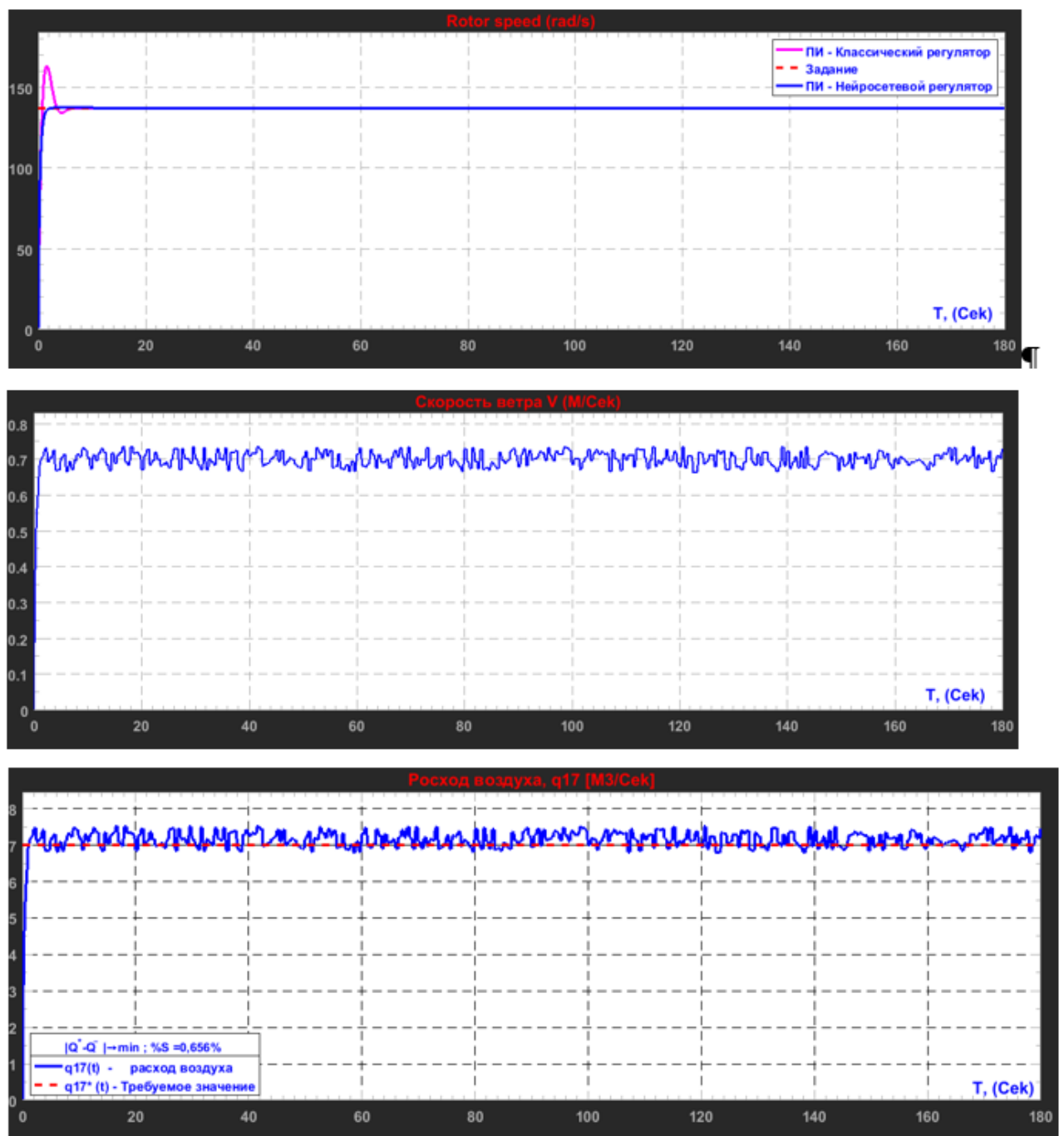
Simulink бағдарламалық ортасында жүзеге асырылды. 4.6 - суретте RBF нейрондық желісі негізінде жүзеге асырылатын ұсынылған адаптивті PI контроллерінің тиімділігін классикалық PI контроллерімен салыстыру нәтижелері көрсетілген.

Салыстыру үшін таңдау әдісімен алынған классикалық PI контроллерінің стандартты параметрлері қойылды: $k_p = 110$, $k_i = 10$, $k_r = 10$. Инвертордың ауысу жиілігі 5 кГц-ке орнатылды, тұрақты ток желісіндегі номиналды кернеу 1000 В болды.

4.6-суреттен көрініп тұрғандай, нейрондық желі PI контроллері арқылы басқарылатын асинхронды электр жетек жүйесінің жауабы жылдамдық анықтамасын өзгерту сәтінде дәстүрлі PI басқаруымен салыстырғанда аз асып кетуді және төмен статикалық қатені көрсетеді.



4.6 - сурет – Нәтижелер модельдеу бірге нейроконтроллер



4.7 - сурет – Нәтижелер модельдеу бірге нейроконтроллер ($q^{17*} = 7 \text{ М}^3/\text{с}$)

Бөлім бойынша тұжырым: бұл жұмыста жергілікті желдеткіш желдеткіштің (LVF) асинхронды қозғалтқыш жетегінің жылдамдығын реттеу көп қабатты тікелей таралатын нейрондық желі негізіндегі нейроэмуляторды қамтитын нейроконтроллер көмегімен жүзеге асырылады.

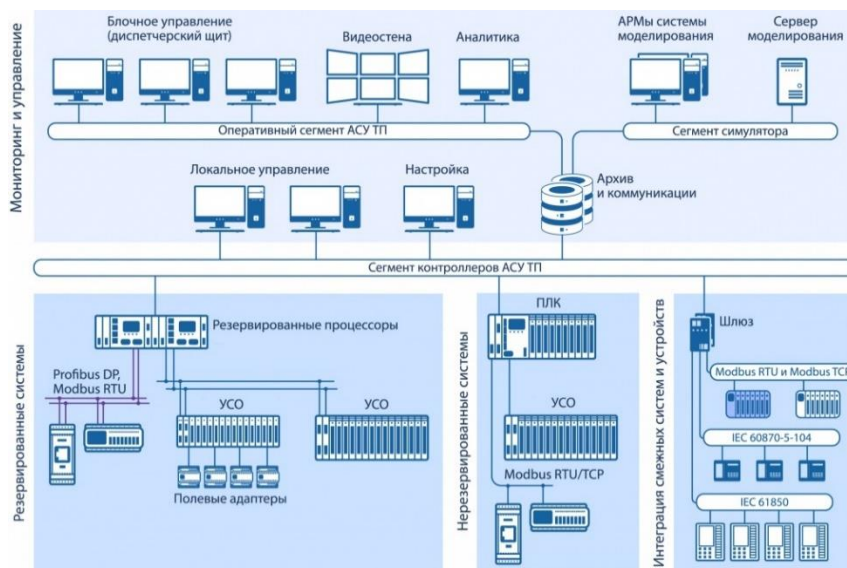
Нейрондық желі механизмі арқылы классикалық PI контроллерінің параметрлерін адаптивті реттеуді қамтамасыз ететін басқару алгоритмі әзірленді.

Нейроэмулятордың нейрондық желісі кері таралу әдісімен оқытылды, ал нейроконтроллердің өзі басқару қателерін болжау және өтемақы режимінде жұмыс істеді.

Нейрондық желінің модификацияларын енгізу шахталық жұмыстарда қажетті атмосфералық параметрлерді тиімді ұстап тұруға ғана емес, сонымен қатар зиянды газдардың концентрациясын төмендетуге қажетті қуатты дәл мөлшерлеу есебінен энергия шығындарын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді.

4.3 Костенко атындағы шахтада метанды бақылау және ЖЖЖ автоматты басқару жүйесін әзірлеу

Бүгінгі таңда автоматтандыру өнеркәсіптің көбірек салаларын қамтиды. Автоматтандыру дәрежесі жоғарылаған сайын өндірістік процестерді басқару үшін қолданылатын бағдарламалық шешімдердің саны да артады. Бұл бөлім WinCC SCADA жүйесінің 7.4 нұсқасын пайдалана отырып, ауа ағындарын операциялық қайта бөлу жүйесін енгізу нұсқаларының бірін қарастырады. Мұндай жүйені құрудың негізгі тәсілдері келтірілген және оның негізгі функциялары сипатталған.



4.8 – сурет – Жергілікті мониторинг жүйесінің диаграммасы

4.8-суретте жергілікті мониторинг жүйесінің диаграммасы көрсетілген, оның міндеттері:

- Жергілікті желдеткіш желдеткіштің (ЖЖЖ) үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету;
- ВМП күйін басқару және жұмысын үздіксіз бақылау;
- Кен қазбаларының тұйық учаскелеріндегі ауа ағынын бақылау.

Жүйенің екі деңгейлі архитектурасы бар: жоғарғы деңгейге бақылау және диспетчерлік басқарудың ішкі жүйесі кіреді, ал төменгі деңгейге әрқайсысы белгілі бір басқару функциясын орындауға жауап беретін үш мамандандырылған ішкі жүйеден тұрады. Оларға мыналар жатады: игеру жұмыстарында шахта атмосферасының параметрлерін аэрогазды бақылаудың ішкі жүйесі, желдеткіш желдеткіш машинасының (ВМП) жұмысын автоматты бақылау және бақылаудың ішкі жүйесі және автоматты газсыздандыру ішкі жүйесі.

Өндірістік контроллерлер (PLC, жиілік түрлендіргіштері), сенсорлар мен жетектер арасындағы байланыс, сондай-ақ оларды желдетуді басқарудың жалпы автоматтандырылған жүйесіне біріктіру жергілікті өнеркәсіптік желі арқылы жүзеге асырылады, барлық компоненттердің физикалық және логикалық өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді.

Конструктивтік жұмыстың желдету жүйесіндегі жергілікті желдеткіштің жұмысы келесідей жүзеге асырылады. Негізгі параметрлер алдын ала белгіленеді: желдеткіштің қажетті сыйымдылығы (Q_p), сондай-ақ ауа ағынының жылдамдығының өзгеруінің рұқсат етілген шектері - ең төменгі ($Q_{min}(t)$) және максималды ($Q_{max}(t)$) мәндері. Бетке тұрақты ауа беру кезінде бақылау өлшемдерінің жиілігі берілген деректерді оқу интервалымен анықталады.

Бұл қондырғыны пайдалану желдеткіштің жобалық жұмыс режиміне тұрақты шығуын қамтамасыз етеді, ауа ағынын реттеу және бақылау процесіне қызмет көрсету персоналының қатысуын барынша азайтады, сонымен қатар электр жетегінің энергия шығынын азайтуға көмектеседі. Бұл ретте, қажет болған жағдайда, реттелетін желдеткіштің конструкциясына кіретін бағыттаушы құрылғының қалақтарының орнын механикалық өзгерту арқылы жұмыс режимін өрескел реттеу мүмкіндігі сақталады.

Желдеткіш блогының өзі мыналарды қамтиды: желдеткіш, желдету арнасы және стартер. Ол сондай-ақ ауа ағынының сенсорын, жиілікті түрлендіргішті және қуат көзін қамтитын автоматты басқару жүйесін қамтиды. Түрлендіргіш стартер мен желдеткіш қозғалтқышының арасында орнатылған. Ағын датчигінен басқару сигналы деректерді өңдеу блогына түседі, ол өз кезегінде түрлендіргіштің жұмысын реттейді.

мониторинг және диспетчерлік басқару жүйесіне қойылатын талаптар:

- желдетуді басқару жүйесінің барлық ішкі жүйелерімен нақты уақыт режимінде ақпаратты жедел алмасуды және өңдеуді қамтамасыз ету;
- диспетчерді желдеткіштің күйі туралы деректермен қамтамасыз ету (қосу/өшіру, қуат көзі, ауа ағынының жылдамдығы);
- электрмен жабдықтау құрылғыларын қосу кезінде блоктаудың жойылғаны туралы хабарлау;
- ақпаратты мнемоникалық диаграммада, оператор панелінде немесе мониторда кестелік және графикалық түрде көрсету;
- технологиялық деректердің деректер қорын жүргізу, оларды мұрағаттау және резервтік көшірмелерін жасау;

— жұмыс және резервтік vmp бақылауы: қосу, өшіру, режимдерді өзгерту.

Аэрогазды басқарудың ішкі жүйесі.

Ол шахтадағы ауа ағынының жылдамдығы мен метан деңгейін үздіксіз жергілікті және орталықтандырылған бақылауға арналған. Метанның шекті рұқсат етілген концентрациясынан асып кеткен жағдайда жүйе электр қуатын автоматты түрде өшіреді. Бұл ішкі жүйеге қойылатын талаптар көмір шахталарының қауіпсіздік ережелеріне және газды талдау стандарттарына сәйкес келеді:

— кенеттен шығарындылар салдарынан қауіпті жағдайларда электр жетектері бар VMP үшін стационарлық метан мониторингінің міндетті болуы;

— сондай-ақ, жұмыс беттерінен шығатын желдету бар жұмыс орындарында VMP орнату кезінде бақылау міндетті болып табылады.

— төменгі деңгейлі датчиктер мен өлшеу түрлендіргіштерінен алынған мәліметтерді жинау және кейіннен өңдеу жүзеге асырылады, содан кейін бағдарламаланатын логикалық контроллер (PLC) арқылы жетектер, соның ішінде жиілік түрлендіргіштері үшін басқару сигналдарын генерациялау жүзеге асырылады.

— желдету жүйесі арқылы тұйық жұмыс алаңына түсетін ауа ағынының жылдамдығын үздіксіз автоматты бақылау қамтамасыз етіледі.

— ауа жылдамдығының сенсоры параметрлердің қалыпты желдету режиміне сәйкестігін растаған сәттен бастап дайындық жұмыстарының электр қабылдағыштарына қуат беретін топтық құрылғыға қуат беру үшін реттелетін кідіріс қарастырылған.

— жүйе қалыпты ауа режимінің бұзылуы туралы сенсордан сигнал алғаннан кейін немесе оның істен шығуы кезінде уақыт кешігуін орнату мүмкіндігімен топтық құрылғыны автоматты түрде өшіреді.

— негізгі немесе резервтік жергілікті желдеткіш желдеткіш (VMP) импульсті түрде қосылады, бұл желдету құбырының ауамен тегіс толтырылуын қамтамасыз етеді.

— негізгі немесе сақтық көшірме VMP-ні жергілікті және қашықтан басқаруға болады.

— scada жүйесі ағымдағы желдету режимі, желдеткіштердің және топтық құрылғының күйлері (қосу/өшіру) туралы деректерді, сондай-ақ резервтік электр желісінде кернеудің болуы туралы ақпаратты визуализациялайды.

— Кірістірілген өзін-өзі диагностикалау және контроллердің күйін автоматты басқару функциясы, сондай-ақ оның кіріс және шығыс арналары.

— жергілікті желдету жүйесінің істен шығуы жарылысқа немесе өртке әкелуі мүмкін болғандықтан, автоматика жабдығының сенімділігі жоғары болуы керек.

— сонымен қатар, қондырғы автоматты басқару жүйесін қамтиды, оған мыналар кіреді: ауа ағынының сенсоры, метан газының анализаторы, стартер мен VMP электр қозғалтқышы арасында орнатылған жиілік пен кернеу

түрлендіргіші. Ауа сенсорының шығысы деректерді өңдеу блогының кірісіне қосылған, ол өз кезегінде жиілік пен кернеу түрлендіргішінің кірісін басқарады. Бұл шешім желдеткіштің белгіленген ауа беру режиміне тұрақты жетуіне мүмкіндік береді, персоналдың қолмен араласу қажеттілігін азайтады, электр жетегі арқылы энергияны тұтынуды азайтады және жалпы жұмыс тиімділігін арттырады.

— дегенмен, конструкция оның құрамына кіретін бағыттаушы аппараттың қалақтарын бұру арқылы желдеткіштің жұмыс параметрлерін қолмен реттеуге мүмкіндік береді.

— желдеткіштің жұмыс режимдерін тиімді реттеу параметрлерді (мысалы, берілетін ауаның көлемін) жедел өлшеуге, деректерді жылдам өңдеуге, басқару шешімдерін қабылдауға және басқару командаларын жедел генерациялауға қабілетті автоматтандырылған жүйелерді пайдалану арқылы ғана мүмкін болады. Мұндай жүйе қауіпсіздіктің барлық нормативтік талаптарын сақтай отырып және желдету жабдығының жұмыс параметрлерін тұрақты бақылауды қамтамасыз ете отырып, шахтаның негізгі желдеткіш желдеткіштерін автоматты басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

— нәтижесінде жергілікті желдеткіш желдеткіштің қажетті өнімділігін қамтамасыз ету, оның оңтайлы жүктемемен, жоғары тиімділікпен және ең аз қуат тұтынуымен жұмыс істеуін қамтамасыз ету түрінде техникалық әсерге қол жеткізіледі. Бұл өңдеу және басқару блогымен біріктірілген ауа ағынының сенсоры және жиілік/кернеу түрлендіргіші сияқты элементтерді басқару жүйесіне қосымша қосу есебінен жүзеге асырылады.

VMP желдеткіштеріне арналған автоматты басқару ішкі жүйесі:

Жүйенің бұл бөлігі жарылыс қаупі бар орта жағдайында жергілікті желдеткіш желдеткіштерді басқаруға және электрмен жабдықтауды тоқтатуға жауап береді. Негізгі функциялары мен талаптары:

1) Құбырды ауамен бірте-бірте толтыра отырып, VMP біркелкі іске қосылуын қамтамасыз ету;

2) Үздіксіз ауа беру үшін негізгі желдеткіш істен шыққан жағдайда резервтік желдеткішті автоматты түрде қосу;

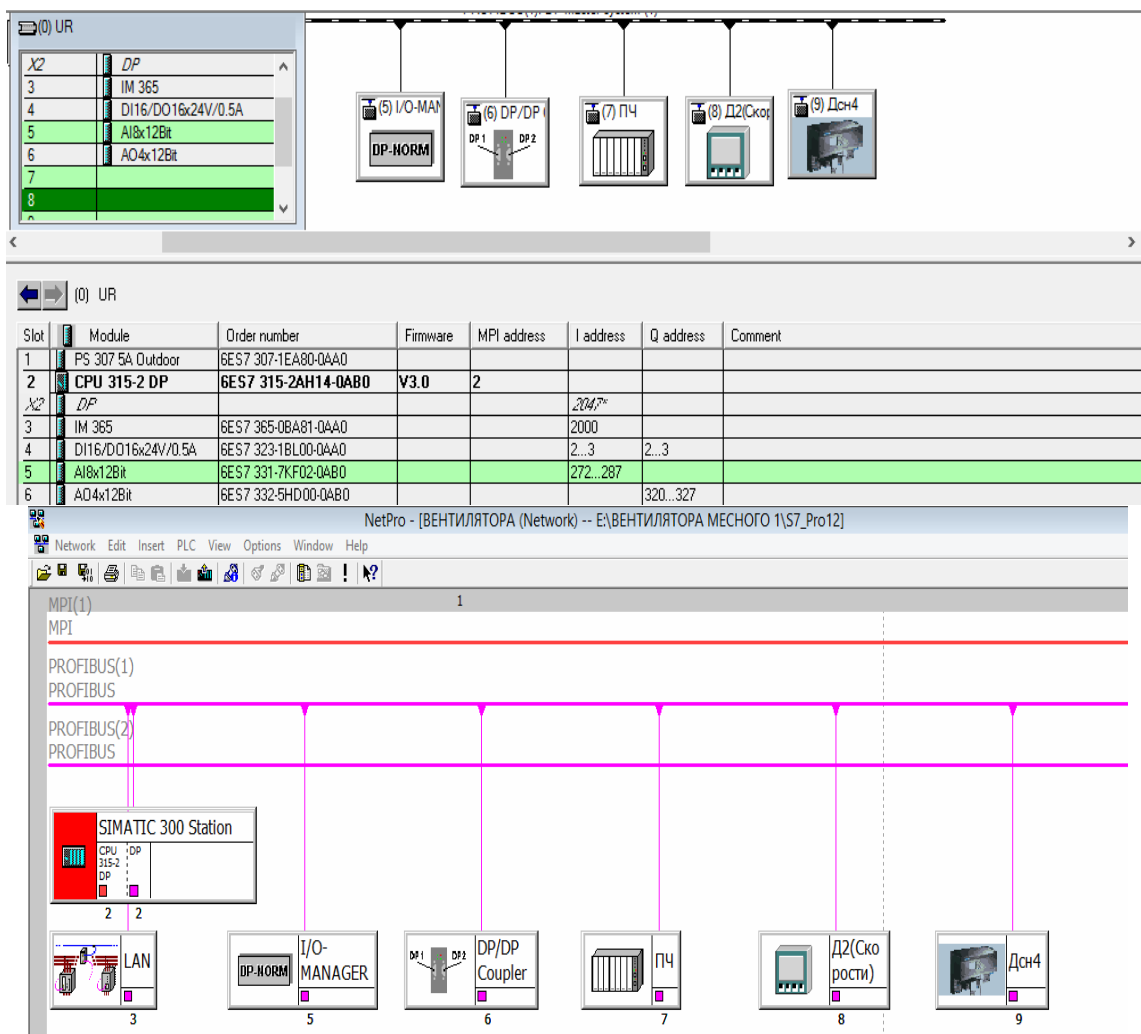
3) Жылдамдық сенсорларымен қалыпты желдету расталғанға дейін беттің электр жабдығына қуат беруді кешіктіру;

4) Желдету немесе электр қуатын өшіру кезінде дереу электр қуатын өшіру;

5) Басқару орталығынан ВМП-ны қашықтан басқару мүмкіндігі;

6) Жарық сигнал беру және диспетчерге ауа жылдамдығының белгіленген шекті мәннен төмен төмендеуі, резервтік желінің жағдайы және басқа да маңызды параметрлер туралы ақпаратты беру;

7) VMP желдеткішінің жұмыс режимін автоматты түрде реттеу.

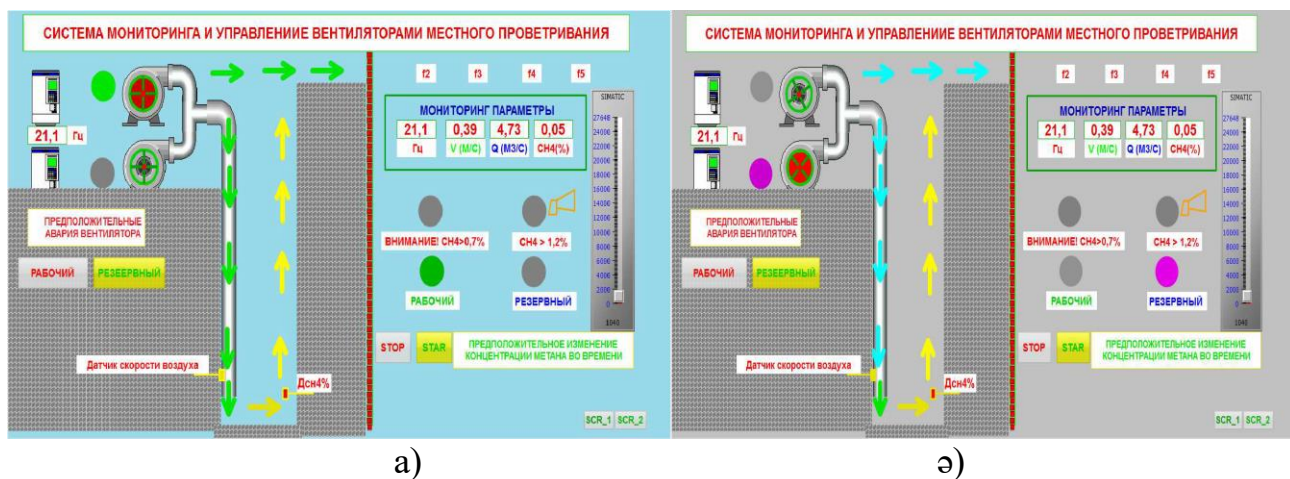


4.9 - сурет – Метанконцентрацияларын бірге пайдалану PLC S7-300 және WinCC V7.4

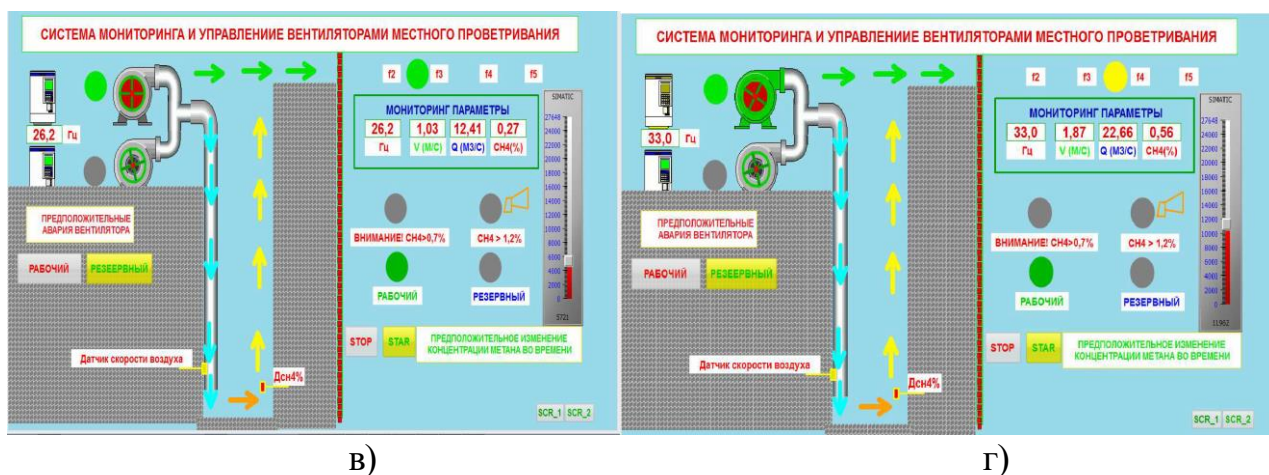
Symbol Editor - [S7 Program(3) (Symbols) -- ВЕНТИЛЯТОР\SIMATIC 300 Station\CPU 315-2 DP]

Symbol	Address	Data type	Comment
1 STAR	I 0.0	BOOL	Вход сигнал Запуск вентилятора
2 STOP	I 0.1	BOOL	Вход сигнал Остановка вентилятора
3 Бит память авария В1	M 0.2	BOOL	Бит память рабочие авария вентилятора
4 Бит память остановка	M 0.1	BOOL	
5 Бит память запуск	M 0.0	BOOL	
6 Бит память авария В2	M 0.3	BOOL	Бит память резервные авария вентилятора
7 Сигнал остановка системы	Q 1.4	BOOL	Выходной сигнал, когда высокие концентрации %CH4
8 Сигнал %CH4 >1,2	Q 0.6	BOOL	Выход сигнал
9 Сигнал %CH4 > 0,7	Q 0.5	BOOL	Выход сигнал
10 Сигнал CH4 <= 0,7	Q 0.4	BOOL	Выход сигнал
11 F2	Q 1.0	BOOL	Выход сигнал Работает двигатель с частотой (f2)
12 F3	Q 1.1	BOOL	Выход сигнал Работает двигатель с частотой (f3)
13 F4	Q 1.2	BOOL	Выход сигнал Работает двигатель с частотой (f4)
14 F5	Q 1.3	BOOL	Выход сигнал Работает двигатель с частотой (f5)
15 РАБОЧИЙ ВЕНТИЛЯТОР	Q 0.0	BOOL	Выход сигнал
16 РЕЗЕРВНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	Q 0.1	BOOL	Выход сигнал
17 UNSCALE	FC 106	FC 106	Unscaling Values

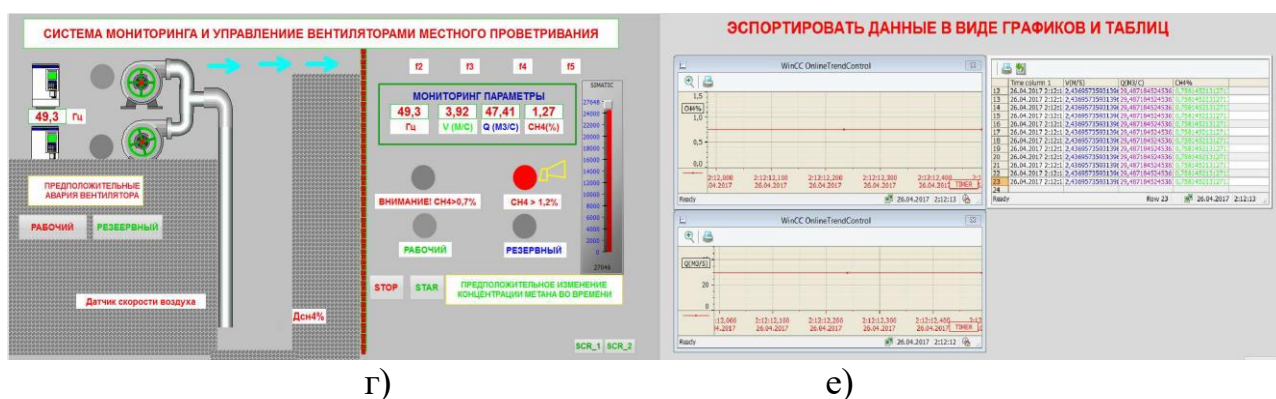
4.10 - сурет – Метанконцентрацияларын бірге пайдалану PLC S7-300 және WinCC V7.4



4.11 - сурет – а) Жұмыс істейтін желдеткіш; б) Апатта істейтін желдеткіш, қосалқы желдеткіш автоматты түрде жұмыс істейді



4.12 - сурет – в) Жұмыс істейтін желдеткіш; г) Апат жұмыс істейтін желдеткіш, қосалқы желдеткіш автоматты түрде жұмыс істейді



4.13 - сурет – Метан артқан жағдайдағы, жылдамдық қозғалтқышы автоматты түрде артады

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертациялық жұмыс аяқталған ғылыми жұмысты білдіреді Қарағандыдағы метанға бай кеніштердегі тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттырудың өзекті мәселесінің инновациялық шешімін ұсынатын біліктілік зерттеуі . Шешім желдетуді басқару жүйелерінде интеллектуалды әдістер мен болжамды аналитика модельдерін енгізуге негізделген.

Жүргізілген зерттеулердің негізгі қорытындылары төмендегідей:

- ақпараттық базаны қалыптастыру тұжырымдамасы әзірленді және Қарағандыдағы метанға бай кеніштердегі аэрогаздинамикалық процестерді бақылау жүйесіне біріктірілген аналитикалық платформаның құрылымы ұсынылды .

- Костенко атындағы шахтаның мониторинг деректері негізінде желдету желісіндегі метан концентрациясының ауытқуына әсер ететін тау-кен-технологиялық және геофизикалық факторлардың классификациясы жасалды. Өрбір тандалған факторлар класы үшін оңтайландырылған нейрондық желі моделін құру алгоритмі ұсынылды. Модель қателерді тікелей тарату және кері тарату (берілу – кері таралу) бар классикалық архитектураны пайдалана отырып құрастырылған және оқу мысалдарының шектеулі санымен қажетті дәлдікті қамтамасыз етеді.

- нейрондық желі модельдерін пайдалану қажетті дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік беретіні анықталды , бұл оларды игерудің айтарлықтай тереңдігінде жоғары жүктемелер мен тұрақсыз метан эмиссиясы жағдайында жедел басқару жүйелерінде қолдануға жарамды етеді . Өткізілген тестілеу мұндай модельдерді нақты уақытта пайдалану мүмкіндігін растайды.

- әзірленген нейрондық желі алгоритмі индикатор деректерінің қысқа мерзімді реттілігіне негізделген қауіпті ауытқуларды ерте кезеңдердегі тиімді түрде анықтайды. Сонымен қатар, әдіс өзгермелі геотехнологиялық жағдайларға жоғары бейімділікке ие, бұл оны жергілікті газды қорғау және алаң деңгейіндегі басқару жүйелеріне арналған аппараттық құралдарға енгізу үшін перспективалы етеді.

- нейрондық желіге бейімдеу мүмкіндігі бар жергілікті желдеткіш желдеткішті басқару алгоритмі жасалды. Бұл тәсіл дәстүрлі бақылау әдістерімен салыстырғанда желдетуді бақылаудың тиімділігін арттырады.

- енгізу және сынақтан өткізу үшін Костенко шахтасына берілді . Қарағанды облысындағы кен орындарының тау-кен аймақтарындағы метан жағдайын үздіксіз бақылау жүйелерін бағдарламалық қамтамасыз етуді жетілдіру үшін қосымша зерттеулер қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Заде Л. А. Нечеткие множества. Информация и управление. – 1965. – Т. 8, №3. – Б. 338–353.
- 2 Огородников С. Н. Теория автоматического управления: Учебное пособие. – М.: Академия, 2019. – 352 б.
- 3 Бобылев А. А., Карпов В. Л. Цифровые системы автоматического управления. – СПб.: Питер, 2020. – 416 б.
- 4 Хомутов А. Н., Синицын В. Н. Нейросетевые технологии в управлении: Учебное пособие. – М.: Радио и связь, 2018. – 288 б.
- 5 Румельхарт Д., МакКлелланд Дж. Распознавание образов и нейронные сети. – М.: Мир, 1988. – 512 б.
- 6 Минин Н. Н. Теория автоматического управления. – М.: Энергия, 2020. – 296 б.
- 7 Абдрахманов Р. С., Жаксылык Н. А. Жүйелер теориясы және автоматты реттеу негіздері. – Алматы: КазНТУ, 2022. – 235 б.
- 8 Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. А. Білім беру жүйелеріндегі жасанды интеллект элементтері. – М.: Лань, 2021. – 304 б.
- 9 Matlab & Simulink Documentation. 2025, <https://www.mathworks.com/help>.
- 10 Kwon W., Han S. Receding Horizon Control: Model Predictive Control for State Models. – Springer, 2005. – 304 p.
11. Жанғали Б.Д., Жусупбеков С.С. Управление вентиляционными потоками в шахтных вентиляционных сетях на основе математического моделирования аэродинамических и тепловых режимов // Материалы Международной научно-практической конференции «Интеграция искусственного интеллекта в образовательный процесс в эпоху глобальной цифровизации: стратегии, инновации и вызовы кибербезопасности», посвященной 70-летию академика Национальной инженерной академии Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора Ахметова Бахытжана Сражатдиновича, 2024, - С. 980-986.
12. Жанғали Б.Д., Жусупбеков С.С. Разработка и исследование управления вентиляционными системами шахт // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие и современные комплексные, ресурсосберегающие и энергоемкие технологии в горно-металлургической отрасли», 2024 – С. 317-323.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу

Научный руководитель: Сарсенбек Жусупбеков

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0.2

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 231

Интервалы: 45

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрывтия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



проверяющий эксперт

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

Тақырыбы: Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу

Жетекшісі: Сарсенбек Жусупбеков

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.2

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 231

Аралықтар: 45

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні



Кафедра меңгерушісі

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу

Научный руководитель: Сарсенбек Жусупбеков

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0.2

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 231

Интервалы: 45

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІСІНІҢ
ПІКІРІ**

Шақталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу

(жұмыс атауы)

Жанғали Бекарыс Дәуренұлы

(оқушының аты жөні)

Автоматтандыру және роботтандыру

(шифр және ОБ атауы)

Жанғали Бекарыс Дәуренұлының магистрлік диссертация шақталық желдету жүйелерін басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеуге арналған.

Жұмыстың мақсаты газ-динамикалық процестерді талдау және желдету режимдерін басқару мәселелерін жоғары дәлдікпен шешуді қамтамасыз ететін бір аналитикалық платформа шеңберінде мамандандырылған үлгілерді, алгоритмдерді және бағдарламаларды пайдалану арқылы тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыру болып табылады.

Магистрлік диссертацияда жүргізген зерттеу автордың ғылыми талдау әдістерін жеткілікті дәрежеде меңгергенін, терең ғылыми зерттеулер жүргізуге жеткілікті жоғары дайындық деңгейіне ие екенін, сонымен қатар басқару теориясы мен практикасы саласында кең эрудицияға ие екенін көрсетеді.

Жанғали Бекарыстың диссертациясы шақталық желдету жүйелерін басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру арқылы шахта желдету режимін автоматтандыру процессің дамытудың нақты шешімдерін қамтитын аяқталған дербес ғылыми-зерттеу жұмысы болып табылады.

Жанғали Бекарыстың «Шақталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу» тақырыбына арналған диссертациясы магистрлік диссертацияларға қойылатын барлық талаптарға сай орындалған.

Диссертация авторы «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы бойынша техника ғылымдарының магистрі академиялық дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекшісі

ФЭЖБУ «Автоматизация және басқару»

кафедрының профессоры



(колы)

Жусупбеков С.С.

« 10 »

06

2025г.

ПІКІРЛЕМЕ

Студент: **Жанғали Бекарыс Дәуренұлы**

Мамандықтың коды және атауы: **7M07101 – «Автоматтандыру және роботтандыру»**

Магистрлық диссертация тақырыбы: **«Шахталық желдету жүйелерін басқаруды әзірлеу және зерттеу»**

Құрамы:

а) түсінік хат 80 бетте

Пікірлемеге ұсынылған диссертациялық жұмыс – шахталық желдету жүйесін басқару мен газодинамикалық процестерді бақылау саласындағы өзекті мәселені шешуге бағытталған. Жұмыста қауіпсіздікті арттыру, энергия тиімділігін қамтамасыз ету, сондай-ақ желдету режимдерін интеллектуалды басқарудың ғылыми негіздері қарастырылған. Диссертация кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

Бірінші тарауда Қарағанды көмір бассейніндегі көмір қабаттарын өндіру жағдайлары жан-жақты сипатталған, апаттар себептері мен желдету бұзылуы талданып, интеллектуалды басқару жүйелерін енгізу қажеттілігі негізделген. Метан шығару деңгейіне қарай шахталарды санаттарға бөлу және газ мониторингі құрылымы қарастырылған.

Екінші тарауда аналитикалық платформаның құрылымдық негіздері мен ақпараттық дерекқор элементтері ұсынылған. Газодинамикалық индикаторларды өңдеу әдістері, сараптамалық ақпаратты енгізу тәсілдері, сондай-ақ газдың қауіпті концентрацияларын болжауға арналған модельдер сипатталған.

Үшінші тарауда газодинамикалық жағдайларды тану және метан концентрациясын болжау мақсатында нейрожелілік модельдерді қолдану мәселесі қарастырылған. ARIMA/ARMA үлгілерінен жасанды нейрондық желілерге көшу жолдары, математикалық модельдер және модельдеу нәтижелері келтірілген.

Бұл магистрлік диссертация өзектілігі жоғары ғылыми мәселені шешуге бағытталған, құрылымы жүйелі, мазмұны терең. Зерттеу барысында автор қазіргі заманғы ақпараттық технологияларды, интеллектуалды талдау құралдарын, соның ішінде жасанды нейрондық желілерді тиімді пайдалана отырып, күрделі инженерлік есептерді шешудің нақты жолдарын көрсете алды.

Жұмыстың теориялық негіздемесі терең, қолданбалы нәтижелері нақты. Зерттеу барысында Қарағанды бассейніндегі Костенко шахтасының нақты деректері пайдаланылған. Барлық графикалық және мәтіндік материалдар ГОСТ талаптарына сай рәсімделген.

Жұмыс ғылыми көзқарас пен практикалық маңыздылықтың ұштасуымен ерекшеленеді. Автор өз диссертациясында шынайы өндірістік жағдайлар мен нақты шахталық деректерді қолдана отырып, алынған нәтижелердің қолданбалы құндылығын негіздеп берген. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері тек теориялық емес, өндірістік деңгейде де қолдануға жарамды, бұл жұмыстың тағы бір артықшылығы болып табылады.

Магистрант тақырыпты терең меңгерген, заманауи ғылыми әдістерді сенімді қолдана алады, ғылыми-зерттеу дағдылары жоғары деңгейде қалыптасқан. Бұл диссертациялық жұмыс тәжірибелік құндылығы бар ғылыми зерттеу ретінде бағалануы тиіс.

Бұл магистрлік диссертация жұмыстың мұқият пысықталғанын, ғылыми-зерттеу тәсілін және теориялық материалдың жан-жақты баяндалғанын көрсетеді. Жүргізілген зерттеулер магистранттың жоғары деңгейдегі теориялық дайындығын дәлелдейді.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ УНИВЕРСИТЕТ

Жұмысқа баға беру

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, магистрлік диссертация «___»
(90%) деген бағаға лайық, ал Жаңғали Бекарыс 7M07101 – Автоматтандыру және
роботтандыру мамандығы бойынша техника ғылымдарының магистрі академиялық
дәрежесіне ие болуға лайық деп есептеймін.

Пікірлеме беруші

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті»

«Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар
институты» кафедрасының меңгерушісі т.ғ.к., доцент

Абжанова Л.К.

« 19.06 2025 ж.



Құрметті!

ЖАНҒАЛИ Б.Д.

Сізге! Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясының академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор Ахметов Бақытжан Сражатдинұлының 70 жылдығына арналған **«Жаһандық цифрландыру дәуірінде жасанды интеллекттің білім беру үдерісіне интеграциясы: стратегиялар, инновациялар және киберқауіпсіздік мәселелері»** атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға қатысқаныңыз үшін беріледі.

АБАЙ АТЫНДАҒЫ ҚАЗҰПУ
БАСҚАРМА ТӨРАҒАСЫ-РЕКТОР



Б.ТІЛЕП

Алматы, 2024 жыл



ЕҢБЕКТЕР ЖИНАҒЫ

Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының
«ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ТҰРАҚТЫ ДАМУ
ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ КЕШЕНДІ, РЕСУРСТАРДЫ ҮНЕМДЕЙТІН
ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ СЫЙЫМДЫЛЫҚТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАР»

22 қараша 2024 жылғы, Алматы

СБОРНИК ТРУДОВ

Международной научно-практической конференции
«УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ,
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭНЕРГОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»

22 ноября 2024 года, Алматы

PROCEEDINGS

International Scientific and Practical Conference
« SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MODERN INTEGRATED,
RESOURCE-SAVING AND ENERGY-INTENSIVE TECHNOLOGIES
IN THE MINING AND METALLURGICAL INDUSTRY »

November 22, 2024, Almaty

Дүзбай Н.Б., Муханов Б.К. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТОДА ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ХРОМОВОЙ РУДЫ.....	288
Кутняков Д.И., Ширяева О.И. РАЗРАБОТКА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТАМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНО ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ (МРС).....	291
Жандин С.В., Ширяева О.И. РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ (АДС) ПРОЦЕССАМИ НА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	295
Кайрат А.А., Ширяева О.И. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ СЛОЖНЫХ (ММО) СИСТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	300
Свичкарь А.С., Ширяева О.И. РАЗРАБОТКА МНОГОМЕРНОЙ И МНОГОСВЯЗНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ.....	303
Шукенов Ж.Е., Омирбекова Ж.Ж. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ В УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОСЕТАМИ КАЗАХСТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РС КОНТРОЛЛЕРОВ.....	308
Калашев А.М., Омирбекова Ж.Ж. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ НАСТРОЙКИ ЦИФРОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	311
Kereibekkyzy A., Omirbekova Z.Z. DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A PREDICTIVE DIAGNOSTIC SYSTEM FOR OPTIMIZING THE MANAGEMENT OF KAZAKHSTAN'S COMBINED HEAT AND POWER PLANTS.....	314
Жанғали Б.Д., Жусупбеков С.С. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ШАХТ.....	317
Хожамбергенова Ж.О., Жусупбеков С.С. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ГАЗОВ.....	323
Кумаргалиева А.А. РАЗРАБОТКА САУ РЕАКТОРНОГО ПРОЦЕССА.....	327
Орынбасаров Н.О., Абжапаров К.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА 6-СТЕПЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА ВЕЛОСИПЕДА.....	330
Ханкелдиева Г.Э., Абжапаров К.А. МОБИЛЬДІ РОБОТТЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАҒДАРЛАУ ЖҮЙЕСІ.....	334
Тукенов И.Е., Муратбеков М.М. ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА.....	339
Женисулы И.Ж., Абжанова Л.К. МЕТАЛЛУРГИЯ ӨНДІРІСІНДЕГІ ГАЗДАРДЫ ІРІКТЕУ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУ.....	344

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ШАХТ

Б.Д. Жанғали, С.С. Жусупбеков

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева,
Алматы, Казахстан

Введение.

Современные вентиляционные системы представляют собой сложные динамические объекты с большим числом переменных и возмущений. Они включают в себя сеть вентиляторов, воздухопроводов и датчиков, работающих в условиях значительных изменений окружающей среды. Это предъявляет высокие требования к системам управления, которые должны обеспечивать не только стабильность и надежность, но и энергоэффективность.

В рамках данной работы рассматриваются задачи разработки и исследования систем автоматического управления (САУ) вентиляцией шахт. В частности, внимание уделяется выбору оптимальной структуры системы, настройке регуляторов и моделированию ее работы в различных эксплуатационных условиях. Использование современных методов управления и вычислительных технологий позволяет создавать адаптивные и интеллектуальные САУ, способные эффективно справляться с изменениями внешних факторов и требованиями производства.

Материалы и методы.

Математическое описание объекта регулирования давлением воздуха

Система регулирования давления воздуха в калориферной установке представляет собой комплекс из элемента, управляющего расходом воздуха, вентилятора, измерительных каналов давления.

Уравнение для калорифера в системе управления давлением воздуха имеет вид передаточной функции, учитывающей инерционность и запаздывание [5]:

$$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1} e^{-\tau_1 p}, \quad (1)$$

где k_1 — коэффициент передачи калорифера, отражающий изменение давления воздуха в зависимости от положения регулирующего клапана; T_1 — постоянная времени калорифера, характеризующая его инерционность (задержку в реакции на изменение входного сигнала); τ_1 — время запаздывания, возникающее из-за задержки воздуха при прохождении через трубопровод или другие компоненты системы; p — оператор Лапласа.

Математическое описание объекта регулирования температуры воздуха

Итоговое уравнение для объекта управления температурой, описывающее динамические процессы в системе регулирования, выражается через передаточную функцию [3]:

$$W(p) = \frac{k_1}{T p^2 + p} - \frac{k_2}{T p^2 + p}, \quad (2)$$

где k_1 — коэффициент передачи, учитывающий влияние изменения температуры нагревающего элемента; k_2 — коэффициент передачи, связанный с потерями тепла через охлаждающие элементы; T — постоянная времени объекта, связанная с тепловой инерцией