

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ**

«Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті»

ӘОК 681.5.011

Қолжазба құқығында

ШАЛАБАЕВА МАЙРА ХУСАИНОВНА

«Темір жол көлігіндегі апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалаудың әдістері мен модельдері»

8D07100 – «Автоматтандыру және басқару»

Философия докторы (PhD) дәрежесін
алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші
техника ғылымдарының
докторы, профессор
Ахметов Б. С.

Шетелдік ғылыми кеңесші
техника ғылымдарының
докторы, профессор
Лахно В. А.

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2024

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕР, ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ	6
КІРІСПЕ	8
1 ТЕМІРЖОЛМЕН ҚАУІПТІ ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУДА АПАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАР САЛДАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕР ӘСЕРІНЕ ШОЛУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	14
1.1 Темір жол көлігіндегі экологиялық мәселелер	14
1.2 Теміржол көлігінде апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау үшін жаңа әдістер мен модельдерді интеграциялау	26
1.3 Бірінші бөлім бойынша қорытынды	35
2 ҚАУІПТІ ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУДА ТЕМІРЖОЛДАҒЫ АПАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРҒА ӘРЕКЕТ ЕТУДІ БАСҚАРУДЫҢ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ САЛДАРЛАРЫН ЖОЮ БАРЫСЫНДА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ БАҒАЛАУДЫҢ ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ	37
2.1. Экологиялық залалмен бірге жүретін теміржолдағы апаттық жағдайларға әрекет ету ерекшеліктері	37
2.2. Экологиялық қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде апаттық жағдайларға әрекет ету моделі	46
2.3. Екінші бөлім бойынша қорытынды	65
3. «ҚОРШАҒАН ОРТА – АПАТТЫҚ ОБЪЕКТ – ЖОЮ БӨЛІМШЕЛЕРІ» ЖҮЙЕСІНІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІНІҢ ҚАУІПСІЗ ЖАЙ-КҮЙІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН НЕГІЗДЕУ	67
3.1. Апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін уақыты шектеусіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс процестері ретінде ресми сипаттау	68
3.2. Уақытша шектеулер кезінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ЖҚКЖ жұмыс істеу процестері ретінде ресми сипаттау	74
3.3. Үшінші бөлім бойынша қорытындылар	89
4. ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ТЕХНОГЕНДІК АПАТ ОРЫНДАРЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АУА САПАСЫН МОНИТОРИНГІЛЕУДІҢ МОБИЛЬДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН (АСММАЖ) ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ	90

4.1. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) іске асыру	90
4.2. ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ресми сипаттауды бағдарламалық қамтамасыз ету	111
4.3. Төртінші бөлім бойынша қорытындылар	116
ҚОРЫТЫНДЫ	118
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ	121
ҚОСЫМША А ADO.net технологиялық платформасында уақыт шектеуінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің сипаттамасын формалды бейнелеу бағдарламасының листингі (командалар тізімі)	129
ҚОСЫМША Ә Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін оқу үрдісіне енгізу актісі	140
ҚОСЫМША Б Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін өндіріске қабылдау туралы енгізу актісі	141

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Ұсынылып отырған диссертацияда келесі құжаттар мен стандарттарға сілтемелер пайдаланылған:

1. Қазақстан Республикасының «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңы 13.01.2012 ж. №541-IV-ЗРК;
2. Қазақстан Республикасының Заңы Қазақстан Республикасының кейбір заңнамалық актілеріне энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру мәселелері бойынша 13.01.2012 ж. №542-IV-ЗРК толықтырулар енгізу;
3. Қазақстан Республикасының энергия тиімділігін арттырудың 2012-2015 жылдарға арналған кешенді жоспары (ҚР Үкіметінің 30.11.2011 ж. №1404 қаулысымен бекітілген);
4. Закон Республики Казахстан от 8 декабря 2001 года № 266-ІІ О железнодорожном транспорте;
5. ГОСТ Р 550550-2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний.
6. Закон Республики Казахстан «О внесении изменений и дополнений по вопросам железнодорожного транспорта» от 9 июля 2004 года №596-ІІ. Закон Республики Казахстан «О транспорте» от 21 сентября 1994 года №156-ХІІІ»
7. Закон Республики Казахстан «О железнодорожном транспорте» от 8 декабря 2001 года №266-ІІ (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.06.2017 г.).

АНЫҚТАМАЛАР

Ұсынылып отырған диссертацияда келесі терминдерге сәйкес анықтамалар пайдаланылған:

Көлік – бұл экономиканың барлық салалары мен тұрғындардың жүктер мен жолаушылар тасымалдауларындағы қажеттілігін қанағаттандыратын шаруашылық қызмет түрі.

Жаппай қызмет көрсету жүйелері – кіріс сұрауларды өңдейтін жүйе. Жүйедегі талаптарға қызмет көрсету сервистік құрылғылармен жүзеге асырылады.

ОЖ – компьютердің мүмкіндіктерін пайдалану тұрғысынан жүйелік бағдарламалық қамтамасыз етудің негізгі түрі.

Шешім қабылдауды қолдау жүйелері – (ағыл. Decision Support System, DSS) –автоматтандырылған компьютерлік жүйе, оның мақсаты қиын жағдайда қызмет бабына қатысты әрекетті толық және объективті талдау үшін шешім қабылдауда адамдарға көмектесу болып табылады. Бұл адамдарға жағдайды тез және дәл бағалауға және шешім қабылдауға көмектесетін кіріс деректеріне негізделген ақпаратты (басылған түрде немесе монитор экранында немесе дыбыста) шығарады дегенді білдіреді.

IP-мекен-жайы – (ағыл. *Internet Protocol address*) Интернет протокол адресі, бұл әр құралға (компьютер, принтер және т.б.) жеке-дара бекітілген нөмірлі белгі, бұл құралдар компьютер желісінде өзара қарым-қатынас жасау үшін Интернет хаттамасын қолданады.

MQTT хаттамасы – екі немесе одан да көп құрылғылардың немесе жүйелердің бір-бірімен байланысуға мүмкіндік беретін ережелер. Яғни, бұл бағдарламалық жасақтама мен аппараттық қамтамасыздандырумен (немесе екеуімен де) жүзеге асырылғанына қарамастан, әр түрлі құралдар арқылы және анықталған форматта ақпарат беру протоколы

TCP/IP хаттамасы – желінің бір жұмыс станциясынан келесісіне хабарлар кестесін жеткізуді қамтамасыз ететін негізгі хаттама.

Web-сервер – веб контентке (мәліметтер қоры, құжаттар, т.б.) интернет арқылы қол жеткізуге мүмкіндік беретін компьютер немесе бағдарламалық жасақтама.

Wi-Fi – ағылшын тілінен аударғанда «сымсыз нүкте» деген ұғымды білдіреді. Ол – белгілі нысандарда кабельді жүйені тарту мүмкін болмаған жағдайда немесе экономикалық жағынан тиімсіз болғанда орнатылатын қондырғы.

БЕЛГІЛЕР, ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

АЖ	–	Апаттық жағдайлар
АҚШ	–	Америка Құрама Штаттары
АСММАЖ	–	ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесі
АТ	–	ақпараттық технологиялар
БҒМ	–	Білім және ғылым министрлігі
БҒССҚК	–	Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті
БЖ	–	аағдарламалық жасақтама
БҚЕ	–	аағдарламалық қамтамасыз ету
ДК	–	дербес компьютер
ДҚБЖ	–	деректер қорын басқару жүйесі
ЕО	–	Еуропалық Одақ
ЖБШ	–	жедел басшылық штабы
ЖҚ	–	жылжымалы құрам
ЖҚКЖ	–	жаппай қызмет көрсету жүйесі
ЖоюБ	–	жою бөлімшелері
КЖ	–	Компьютерлік жүйелер
ҚО	–	қоршаған орта
ҚР	–	Қазақстан Республикасы
ҚЖ	–	қауіпті жүктер
МТҚ	–	материалдық-техникалық қамтамасыз ету
ОЖ	–	операциялық жүйе
РФ	–	Ресей Федерациясы
СЖ	–	сараптамалық жүйелер
ТЖ	–	темір жол
ТЖК	–	темір жол көлігі
ТЖКЖ	–	темір жол көлік жүйесі
ҰҰА	–	ұшқышсыз ұшу аппараттары
ХКГУ	–	Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті
ШҚА	–	шешім қабылдаушы адам
ШҚҚЖ	–	шешім қабылдауды қолдау жүйесі
ШҚҚЗЖ	–	шешім қабылдауды қолдаудың зияткерлік жүйелері
ЭЕМ	–	электронды есептеу машинасы
t_{SA} –		ТЖ АЖ туралы бастапқы ақпаратты бағалау уақыты, жою бөлімшелерінің тізбесін анықтау, оларды кетуге дайындау (жауынгерлік есептерді жинау, ЖҚ тексеру,

L –	локомотивтерді беру және т.б.) жою бөлімшелерінің тұрақты орналасқан жерлерінен ТЖ АЖ орнына дейінгі арақашықтық;
V –	тарату бөлімшелерінің қозғалыс жылдамдығы;
λ_{ij} –	жағдай бағанындағы тиісті оқиғалардың қарқындылығы
Q_0 –	жүктің бастапқы салмағы;
P_i –	жүйенің i – күйге өту ықтималдығы

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Темір жол апаттық жағдайларының (ТЖ АЖ) салдарын жоюдың (болдырмаудың) ғылыми негіздеріне арналған жұмыстарды талдау олардың өзара байланысты үрдістер тізбегі екенін көрсетті. Бұл үрдістер адамдарға түрлі қауіп-қатерлердің алдын алуға, қоршаған ортаны (ҚО) қорғауға, жүктерді, жылжымалы құрам (ЖҚ), ТЖ инфрақұрылым объектілерін және т.б. мүмкіндігінше қысқа мерзімде сақтауға бағытталған бірқатар іс-шаралар жүргізуді қажет етеді. Бұл ретте осы іс-шараларды орындау үшін қажетті әртүрлі ресурстарды ұтымды пайдалану да маңызды. [58] ТЖ АЖ оқшаулау және олардың салдарын жою жөніндегі іс-шараларды жүргізу қалыптасқан жағдайды, оның ішінде ТЖ АЖ орнында ҚО жай-күйін автоматты (автоматтандырылған) мониторингілеу жүйелерін пайдалана отырып мониторинг жүргізуді, барлық белгіленген қауіпсіздік шараларын ескере отырып, іс-қимылдың тиімді тәсілдерін таңдауды болжайды. ТЖ АЖ пайда болған жерде қалыптасқан ақпаратты жинаудың және жағдайды бағалаудың ерекшелігі, бұл үрдістер уақыт тапшылығы, ҚО-ға кері әсер етудің үздіксіз өсуі және пойыздардың қозғалыс кестесін бұзудан болған шығындар, адамдарға қауіп төнуі, жүктің, ЖҚ және теміржол инфрақұрылымы объектілерінің және т.б. жай-күйі туралы ақпараттың жеткіліксіздігі жағдайында жүзеге асырылады. [60]

Ұтымды және уақтылы шешімді әзірлеуге байланысты міндеттерді тиімді шешу үшін жедел басшылық штабы (ЖБШ) басшысының нақты құрылған басқару жүйесі болуы керек, заманауи ақпараттық технологияларды, оның ішінде шешім қабылдауды қолдаудың зияткерлік жүйелерін (ШҚҚЗЖ) және ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) пайдалана отырып, ЖБШ жұмысын ғылыми негізде ұйымдастыру қажет.

Қауіпті жүктермен (ҚЖ) ТЖ АЖ-ын оқшаулау және олардың салдарын жою бойынша негізделген басқарушылық шешімдерді қабылдау ШҚҚЖ көмегімен жүзеге асырылуы тиіс, оларды құру үшін осындай ТЖ АЖ дамуын болжаудың ұсынылған математикалық модельдерін және жедел штаб басшыларының іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық сызбаларын пайдалану қажет. Бұл жағдай зерттеу тақырыбын таңдауға себеп болды.

Зерттеу мақсаты – ҚО-ға экологиялық зиянды әсер ету көзі ретінде ҚЖ тасымалдау кезінде теміржолдағы апаттық жағдайлардың салдарын жоюда ауа сапасын мониторингілеудің автоматтандырылған жүйесі үшін модельдерді, әдістерді және ақпараттық технологияларды дамыту.

Зерттеу міндеттері:

1) ҚЖ тасымалдау кезінде экологиялық қауіпсіздікке байланысты темір

жол көлігіндегі (ТЖК) апаттық жағдайларды жоюды басқару мәселелері бойынша алдыңғы зерттеулерге шолу және талдау жасау;

2) ТЖ АЖ туындау мүмкіндігін, оны бағалауды, оқшаулауды және оның салдарын жоюды ескере отырып, ТЖК қауіпсіз жұмыс істеу жағдайының бағдарланған бағаны түрінде ҚЖ темір жол тасымалы жүйесін ресімдеу;

3) ТЖК функционалдық ішкі жүйесіндегі құрылымдық бөлімшелерінде апаттық, қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуді ұйымдастырудың әртүрлі сызбаларын негіздеу және бағдарламалық модельдеу үшін жаңа модельдер алу және қолданыстағы модельдерді толықтыру;

4) әзірленген модельдер мен жаңа ақпараттық технологиялар (АТ) біріктіретін ТЖК инфрақұрылымдық объектілерінде ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) жобалау және іске асыру.

Зерттеу объектісі – ҚО-ға экологиялық зиянды әсер ету көзі ретінде қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде теміржолдағы апаттық жағдайлардың салдарын жоюда ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін қолдану үрдістері.

Зерттеу әдістері – жұмыста отандық және әлемдік тәжірибені талдау мен жалпылауды, сондай-ақ темір жолдағы төтенше жағдайлардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті басқарудың ғылыми әдістерін әзірлеуге байланысты мәселелер бойынша зерттеулерімізді қамтитын кешенді жүйелік тәсіл қолданылды; операцияларды зерттеу және математикалық модельдеу әдістеріне сүйене отырып, қауіпті жүктерді тасымалдау барысында апаттық жағдайлар кезіндегі теміржол көлігі жүйесінің жұмыс істеуінің математикалық моделі жасалынды; ҚЖ тасымалдау кезінде қоршаған орта үшін және адам өміріне қауіпті мәндерін анықтауға арналған құрылымдық-аналитикалық модельдері және апаттық жағдайларды жою бойынша жедел штаб іс-әрекеттерінің оңай алгоритмделетін құрылымдық-логикалық сызбасы әзірленді; ЖҚКЖ теориясының әдістеріне сүйене отырып, «қоршаған орта–апаттық объект–жою бөлімшелері» жүйесінің қызметін формальды сипаттау жүзеге асырылды. ADO.net технологиялық платформасында уақыт шектеусіз кезек жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің формальды сипаттамасын бағдарламалық қамтамасыз етуді іске асыруда объектіге бағытталған бағдарламалау әдістері қолданылды.

Жұмыста алынған нәтижелер анықталған белгілі инженерлік есептеу әдістеріне негізделеді. Зерттеу барысында электронды есептеу машинасы (ЭЕМ) қолдана отырып, деректерді стандартты өңдеу әдістері қолданылды. Сондай-ақ компьютерлік модельдеу үшін ТЖК-дегі күрделі АТ жүйелері мен үрдістерге арналған бағдарламалық жасақтама қолданылды. Есептеу эксперименттері кезінде алынған эксперименттік деректердің және теориялық

есептеу нәтижелерінің ұқсастығы диссертацияның қосымшаларында ұсынылған тиісті енгізу актілерімен расталды.

Зерттеу пәні – ТЖК-дегі апаттық жағдайлардың салдарын жоюда экологиялық қауіпсіздікті басқарудың әдістері, модельдері және ақпараттық технологиялары.

Зерттеудің теориялық және әдіснамалық негіздері. Диссертациялық жұмысты орындау барысында кешенді жүйелік тәсіл негізге алынды. Бұл темір жолдағы төтенше жағдайлардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті басқарудың ғылыми әдістерін әзірлеуге арналған зерттеулер саласындағы талдаудың классикалық әдістерін қолдануға және отандық және әлемдік тәжірибені жалпылауға мүмкіндік берді. Сондай-ақ жедел зерттеулер мен математикалық модельдеудің классикалық әдістері негізінде ҚЖ-терді тасымалдау кезінде туындайтын төтенше жағдайлар кезінде теміржол көлігі жүйесінің жұмыс істеуінің математикалық моделі әзірленді. Сонымен қатар, жедел зерттеулердің бұл әдістері қоршаған ортаға және адам өміріне қауіпті ҚЖ-ді тасымалдау кезінде апаттық факторлардың мәндерін анықтаудың құрылымдық-аналитикалық үлгілерін жасауға мүмкіндік берді. Бұл сызбалар объектіге бағытталған бағдарламалау парадигмасының негізінде оңай алгоритмделеді. ЖҚКЖ теориясының әдістеріне сүйене отырып, «ҚО – апаттық объект – темір жол көлігінің жою бөлімшелері» жүйесінің жұмыс істеуінің формальды сипаттамасы жасалды. ADO.net технологиялық платформасында уақыт шектеусіз ЖҚКЖ жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің формальды сипаттамасын бағдарламалық қамтамасыз етуде объектіге бағытталған бағдарламалау әдістері қолданылды.

Жұмыста алынған нәтижелер белгілі дәлелденген инженерлік есептеу әдістеріне негізделген. Зерттеу барысында компьютердің көмегімен деректерді өңдеудің стандартты әдістері қолданылды. Сондай-ақ компьютерлік модельдеу үшін темір жол желілеріндегі күрделі жүйелер мен үрдістерді модельдеу үшін бағдарламалық қамтамасыз ету пайдаланылды. Есептеу эксперименттері кезінде алынған эксперименттік мәліметтер мен теориялық есептеулер нәтижелерінің жақындасуы диссертацияның қосымшаларында келтірілген сәйкес енгізу актілерімен расталады.

Ғылыми жаңалығы:

- диссертациялық жұмыста алғаш рет апаттық жағдайдың туындау мүмкіндігін, оны бағалауды, оқшаулауды және оның салдарын жоюды ескере отырып, ТЖК қауіпсіз жұмыс істеу жағдайының бағдарланған бағаны түрінде ҚЖ теміржол тасымалы жүйесі ресімделді;

- математикалық модель дамуына қол жеткізілді, ол жүйені сенімділік жағдайында қолдаудың белгілі бір технологиялық және ұйымдастырушылық іс-шараларына байланысты қауіпсіз жұмыс жағдайында ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖК болу ықтималдығы практикалық есептеу деңгейіне жеткізілді [58], олар

қолдағы бардан айырмашылығы жою жұмыстарының уақытын ғана емес, сонымен қатар айтарлықтай қысқарту түрінде синергетикалық әсерді қамтамасыз етеді, осы жағдайлардың ҚО-дағы жағымсыз салдарының оған пропорционалды түрде азаюы;

- ЖККЖ әдістері мен осы әдістердің бейімделген нұсқалары негізінде математикалық модельдер жетілдірілді, олардың қолданыстағы әдістерден айырмашылығы, ТЖК функционалды ішкі жүйесінің құрылымдық бөлімшелері үшін апаттық, қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастырып, жүргізудің түрлі сызбаларын негіздеуге мүмкіндік береді.

Практикалық мәнділігі. Теміржол көлігі инфрақұрылымы объектілерінде ауаның жай-күйін бақылаудың мобильді автоматтандырылған жүйесі әзірленді және енгізілді. Жүйе екі негізгі құрамдас бөліктен тұрады: орталық ақпаратты өңдеу сервері және деректерді жинау құрылғылары. Таратқыш АТmega328 микроконтроллеріне негізделген. Wi-Fi арқылы жұмыс істейтін мобильді автоматтандырылған ауа сапасын бақылау жүйесінің құрамдас құрылғылары үшін 802.11 n стандарты бойынша сенімді қосылымды қамтамасыз ететін ESP8266 микроконтроллері негізіндегі таратқыш пайдаланылды. [89] Атмосфераның сапасын бақылауды қамтамасыз ететін мобильді автоматтандырылған жүйеде деректерді өңдеу сервері MQTT хаттамасы арқылы барлық құрылғылардан әрбір сенсордың күйі және қоршаған ортаның ластануынан туындаған теміржол оқиғасы орнында құрылғының орналасқан жері туралы ақпаратты алады. Барлық деректер уақыт белгілеріне сәйкес пішімде сервердегі дерекқорға мерзімді түрде жазылады. Сақталған ақпаратқа қол жеткізу үшін мобильді автоматтандырылған басқару жүйесіндегі веб-шолғыш арқылы барлық құрылғылардан ауа сапасын басқаруға мүмкіндік беретін веб-интерфейс қолданылады.

Ауа сапасын мониторингілеу жүйесі (АСММАЖ) жұмыс істеу жылдамдығы мен тұрақтылық көрсеткіштері бойынша Украина мен Қазақстан темір жолдарында тестілеу сәтті өтті. АСММАЖ веб-қосымшасының қызметі әртүрлі мөлшерде алынған есептеу ресурстарымен және түрлі виртуалды жүйелерінде тестіленіп тексерілді.

ADO.net технологиялық платформасын пайдалана отырып, уақыт шектеуінсіз, қоғамдық іс-шараларға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестерінің бөлігі ретінде төтенше жағдайлар қызметтерінің операцияларының ресми сипаттамасын бағдарламалық қамтамасыз етуді іске асыру сынақтан өтті және кейіннен қолданысқа енді. [89]

Сондай-ақ, диссертациялық зерттеу барысында алынған нәтижелер Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті «Автоматтандыру және басқару» білім беру бағдарламасының магистранттары мен докторанттарын даярлау кезінде оқу үрдісінде қолданылады. Диссертациялық зерттеу барысында алынған нәтижелерді нақты енгізу және қолдану енгізу туралы тиісті

актілермен расталды. Енгізу туралы осы актілердің скан көшірмелері диссертацияның қосымшаларында келтірілген.

Зерттеу нәтижелері. Диссертациялық жұмыста ұсынылған және қорғауға шығарылған барлық негізгі нәтижелерді ізденушінің өзі алды. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) әзірлеудің жоспарланатын ғылыми-техникалық деңгейі үздік әлемдік үлгілерге сәйкес келді.

Диссертация нәтижелерінің апробациясы. Диссертацияның негізгі нәтижелері мен ережелері, сондай-ақ зерттеу барысында жасалған қорытындылар туралы «Білім беру, басқару, экономика және техникадағы информатика мәселелері» халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда, 2020ж, 2021ж., Пенза, Ресей; «Темір жол көлігінің проблемалары мен даму болашағы» халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, 2021ж., Днепр, Украина; «Көлік, өндіріс және білім берудегі заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, 2021ж., 2022ж., Днепр, Украина; «Қазақстанның көліктік әлеуеті: пайда болуы және болашағы» халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, 2021ж., Алматы, Логистика және көлік академиясы; Халықаралық көліктік-гуманитарлық университетінің «Көліктегі автоматтандыру және электрэнергетика» кафедрасы; Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті «Компьютерлік жүйелер, желілер және киберқауіпсіздік» және «Компьютерлік ғылымдар» кафедралары (Киев қ., Украина) отырыстарында, ғылыми семинарларда баяндама жасалып, талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертацияда ұсынылған барлық нәтижелер бұрын 8 ғылыми еңбектерде жарияланған. Оның ішінде 3 мақала ҚР БҒМ БҒССҚК ұсынған журналдарда жарияланды; 4 халықаралық конференциялар материалдарында, Scopus базасына кіретін журналдарда 3 мақала жарияланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан тұрады, 141 бетте жазылған және 62 сурет, 3 кестеден, 92 пайдаланылған әдебиеттерден және 3 қосымшадан тұрады.

Кіріспеде диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделді, зерттеу мақсаты, міндеттері, әдістері мен объектісі тұжырымдалды, ғылыми жаңалығы сипатталды, алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы көрсетілді.

Бірінші бөлімде қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде экологиялық қауіпсіздікке байланысты ТЖК-дегі апаттық жағдайларды жоюды басқару мәселелері бойынша алдыңғы зерттеулерге шолу жүргізілді. ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау үшін әдістер мен модельдерге талдау жасалды.

Жұмыстың екінші бөлімінде жүйелер теориясы мен шешімдер қабылдау әдістері, жүйелік талдау, ТЖ АЖ-ға әрекет етудың экологиялық үрдістерін математикалық модельдеу, ҚЖ қауіпсіздік шараларын және оларды жою тәртібін айқындау жөніндегі нормативтік құжаттар қарастырылды.

Үшінші бөлімде «қоршаған орта – апаттық объект – жою бөлімшелері» жүйесінің жұмыс істеу үрдістерін ресми сипаттау үшін жаппай қызмет көрсету жүйелері (ЖҚКЖ) теориясының әдістерін қолдану мүмкіндігі негізделді.

Төртінші бөлімде ТЖК-дегі ТЖ немесе техногендік апаттар орындарында пайдаланылуы мүмкін ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) іске асыру нәтижелері сипатталды. Әзірленген қосымшаның көмегімен компьютерлік модельдеу нәтижелері бойынша ТЖ АЖ салдарының қоршаған ортаға теріс әсерін едәуір азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің шоғырлану уақытын қысқарту және қажетті өнімділік күштері мен құралдарын қолдану кезінде мүмкін болатындығы көрсетілген. [89]

Қорытынды бөлімінде алынған негізгі нәтижелер келтіріліп, сипаттамалар мен тұжырымдар жасалған.

1 ТЕМІРЖОЛМЕН ҚАУІПТІ ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУДА АПАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАР САЛДАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕР ӘСЕРІНЕ ШОЛУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

1.1 Темір жол көлігіндегі экологиялық мәселелер

Жаһандық индустриалды өркениетті дамытудың маңызды өзекті мәселелерінің бірі – қоршаған ортаның антропогендік сипаттағы шығарындылардан ластануы.

Әлемнің дамыған өнеркәсіптік өңірлеріндегі жер үсті көлігі экономиканың басқа салаларын дамытудың негізіне айналды. Бұл ретте көліктен ҚО-ға экологиялық жүктеме де маңызды болып қала береді. «Көлік - табиғат (ҚО) – адам» жүйесі үштігінің экологиялық құрамдас бөлігін талдау көліктегі экологиялық өзекті мәселелердің шиеленісуі және оның ҚО-ға кері әсерінің күшеюі осы үштіктің экологиялық құрамдас бөлігіне жеткіліксіз назар аударудың салдары екенін көрсетті. Алайда, бұл өзекті мәселе бүгінде көліктің, ең алдымен автомобиль және әуе көлігінің даму қарқынына және көлік жүйелерінің ҚО-мен өзара әрекеттесу ерекшеліктеріне байланысты әлемдегі экологиялық жағдайға әсер ете бастады.

Сонымен қатар, көлікті пайдалану кезінде орын алатын ең қауіпті құбылыстардың бірі қауіпті улы заттардың шығарындыларынан болатын апаттық төтенше жағдайлар болып табылады. [89]

Апаттық жағдайлардың басты себептері негізгі өндірістік қорлардың қанағаттанарлықсыз жағдайы, қауіпсіз жұмыс жүргізу бойынша белгіленген талаптардың үнемі бұзылуы, өндірістік, технологиялық және еңбек тәртібінің төмендігі болып табылады [1].

Қоршаған ортаға әсерді барынша азайту стратегиясы апаттық жағдайлардың алдын алу (алдын алу, уақтылы диагностикалау, ауыстыру) кезеңінде де, апаттық жағдайлардың салдарын оқшаулау және жою кезеңдерінде де жүзеге асырылуға тиіс. [38] Бұл жағдайда ластанған аумақтарды қалпына келтірудің және қауіпті жою қалдықтарын залалсыздандырудың заманауи инновациялық әдістеріне ерекше назар аудару қажет. Теміржол көлігінде экологиялық менеджменттің тиімді жүйесін қалыптастыруға қазіргі заманғы тәсілдің қажетті кезеңі арнайы экологиялық-ақпараттық жүйені құру болып табылады, бұл табиғатты пайдалану үрдісінде де [89], теріс экологиялық салдары бар апаттық оқиғалар жағдайында да экологиялық-экономикалық залалға объективті баға беруге мүмкіндік береді.

Барлық көлік жүйелері (автомобиль, теміржол, әуе және т.б.) кіретін стационарлық және жылжымалы көздерден шығарылатын шығарындылар қоршаған ортада (ҚО) адам денсаулығына зиянды заттардың жиналуына әкеледі [38]. Сонымен қатар, көліктегі, әсіресе теміржол көлігіндегі қауіпті жүктерді тасымалдау кезіндегі апаттар мен зілзалалар көбінесе ҚО ластануымен бірге

жүреді. Мұның нәтижесі – ҚО жағдайының нашарлауы және нәтижесінде халықтың әртүрлі ауруларының созылмалы және жіті түрлері [1, 360 б.].

Бүгінгі таңда теміржол көлігімен (ТЖК) көптеген жүктер, соның ішінде қауіпті жүктер де тасымалданады. Әртүрлі сыныптарға жатқызылуы мүмкін қауіпті жүктер (ҚЖ) [2] физика-химиялық қасиеттерінің алуан түрлілігімен және жарылыс-өрт және радиологиялық қауіптіліктің әртүрлі дәрежесімен сипатталады.

Теміржол көлігі күрделі өндірістік-шаруашылық кешен болып табылады. ТЖК кәсіпорындары экономика саласы ретінде ҚО-ға антропогендік әсер етудің ең қуатты факторларының бірі болып табылады. ТЖК қызметінен туындаған ең техногендік жүктемелерге атмосфералық ауаның ластануы, шу мен дірілдің артуы жатады.

Қазақстан Республикасы (ҚР) темір жолдарының ұзындығы шамамен 17 мың километрді құрайды. Сонымен бірге ТЖК әсерінен ҚО ластану үлесі жоғары болып қала береді. [38]

ТЖК кәсіпорындары ҚО-мен өзара іс-қимылдың негізгі бағыттары бойынша жіктелетін экологиялық өзекті мәселелер туғызады [3]:

1) ТЖК әлі де жеткілікті мөлшерде отынды тұтынады, бұл атмосфераның жану өнімдерімен ластануына әкеледі;

2) ТЖК жылжымалы құрамы (ЖҚ) ҚО-ға кері әсер ететін шу мен дірілдің қуатты көздерінің бірі болып табылады;

3) темір жолдар мен жол құрылыстары (станциялар, депо және т.б.) желісін дамыту ауыл шаруашылығы алқаптарын айналымнан алуға алып келеді;

4) ТЖК көбінесе адамдар мен жануарлар үшін жарақаттандудың, кейде өлімнің де көзі ретінде болады.

Экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету тұрғысынан ТЖК кәсіпорындарының тұрақты дамуы ҚО-ға жүктемені барынша азайтуды, биологиялық және физикалық табиғи жүйелердің тұтастығын қамтамасыз етуі тиіс. Яғни, ТЖК жұмыс істеуі мен дамуы, техносфераның кез келген элементі сияқты, келесі постулаттарға негізделуі тиіс:

- ТЖК жүйелерінің дамуы ТЖК кіші жүйелерімен ұштасатын экожүйелердің, табиғи кешендердің және өзге де табиғи ресурстардың жай-күйіне сандық және сапалық сараптамалар жүргізумен қатар болуы тиіс;

- адам қызметінің алуан түрлерінен туындаған антропогендік әсерлердің деңгейін нормалау талаптарын қатаң сақтау. Бұл, ең алдымен, ТЖК құралдарымен ҚО үшін қауіпті жүктерді тасымалдау міндеттеріне қатысты;

- ТЖК тарапынан ҚО-ға әсерді барынша шектеу, мысалы, ТЖК-дегі технологиялық үрдістерге барлық қалдықтарды тазартудың озық әдістері мен құралдарын (ТЖК ЖҚ атмосфералық шығарындылары, сарқынды сулар, өндіріс қалдықтары және т.б.) енгізу жолымен;

- ынталандыру, мысалы, экономикалық тетіктермен, ТЖК-не экологиялық таза технологияларды, сондай-ақ ЖҚ, энергия тиімді жабдықтарды енгізу және дамыту және т.б.;

- ҚО жағдайын бақылау бойынша кешенді және үздіксіз іс-шаралар, атап айтқанда, атмосфераға, топыраққа және суға қауіпті заттардың түсуімен бірге болатын ТЖК-дегі апат кезінде;

- ТЖК объектілерінің жұмыс істеуінің экологиялық алдын алу әдістерін енгізу;

- ТЖК-де ҚО қорғауды басқару және табиғатты ұтымды пайдалану үшін экономикалық әдістерді дамыту және кеңінен қолдану;

- ҚО қорғауға байланысты қағидалар мен нормаларды бұзған жағдайда құқықтық және әкімшілік жауапкершіліктің сөзсіз болатындығын насихаттау.

Бүгінгі таңда ТЖК-дегі маңызды экологиялық өзекті мәселелердің бірі – жану өнімдерінің шығарындылары нәтижесінде ауа бассейнінің ластануы. Жыл сайын атмосфераға зиянды заттардың шығарындыларын өлшеумен айналысатын экологтар осындай шығарынды санының өсуін тіркейді. Мұндай жағымсыз үрдістер тірі организмдердің дамуына тікелей кері әсерін тигізеді, сонымен қатар құрылыстарға, ғимараттарға, тарих және мәдениет ескерткіштеріне теріс әсер етеді. ТЖК атмосфераны, ең алдымен, жанармай жағу өнімдерімен ластайды. Жану өнімдерінде болатын зиянды шығарындыларға көмірсутектерді, ауыр металл қосылыстарын, әртүрлі аэрозольдерді, қышқыл және сілтілі қосылыстарды, лак-бояу қалдықтарын да және т.б. жатқызуға болады. [38]

15-19%-ға дейінгі шығарындылардың едәуір бөлігі ТЖК-де дизель отынын жағу барысында түзілген. ТЖК стационарлық көздеріне атмосфера шығарындыларының 10%-ынан 16%-ына дейін келеді. Сонымен, зерттеу деректері бойынша [4] ҚО ластану көзі локомотив және вагон деполары, коммуналдық және өндірістік қазандықтар, ЖҚ жөндеу кәсіпорындары және жол техникасы болып табылады. Қазандықтар, дәнекерлеу постары, кептіруге және термиялық өңдеуге арналған жабдықтар және т.б. ТЖК-де ҚО-дағы зиянды заттар шығарындыларының жалпы бөлігіне үлес қосады. Осы технологиялық операциялардың нәтижесінде атмосфераға жылына ондаған тонна күл, көміртек, оксидтердің барлық түрлері, азотты қосылыстар, күкірт, қорғасын және т.б. шығарылады. Шығарындылардың қалған бөлігі бояумен, өңдеумен, металдарды дәнекерлеумен және күйдірумен, химиялық тазалаумен, аккумуляторларды зарядтаумен, жанармай және басқа аппаратура сынақтарымен, гальваножабындарын қолданумен және т.б. байланысты экологиялық лас технологиялық операцияларға келеді.

ТЖК экологиялық артықшылықтарын электр қуатын кеңінен қолданумен түсіндіруге болады. Әлемнің көптеген елдерінде электр қуатына көшу атмосфераға зиянды заттардың шығарындыларының күрт төмендеуіне әкелді.

Бұл электр жылжымалы құрамнан ластаушы заттардың шығарындылары іс жүзінде болмауымен байланысты. Сондай-ақ, ТЖК үшін көлік жұмысының бірлігіне отын шығынының аз үлестік көрсеткіштері тән. ТЖК артықшылықтарына автомобиль жолдарымен салыстырғанда теміржол желісі үшін жер учаскелерін иеліктен шығару бойынша төмен көрсеткіштерді де жатқызуға болады.

Алайда осы артықшылықтарға қарамастан, ТЖК әлі де ҚО жағдайына айтарлықтай кері әсер етеді. Атап айтқанда, ТЖК ландшафттар тұрақтылығының бұзылуын тудырады. Жаңа теміржолдарды төсеу және қолданыстағы теміржолдарды пайдалану эрозия мен көшкіннің дамуына ықпал етеді. Атмосфераға жанармай жағу өнімдерінің шығарындыларының біртіндеп азаюына қарамастан, мұнай өнімдерімен, ауыр металдармен, сусымалы жүктерді, мысалы, көмір, цемент және т.б. үрлеу және құлау нәтижесінде пайда болған әртүрлі өнімдермен жердің ластану деңгейі артып келеді. Теміржол жолдарындағы апаттар қоршаған ортаға ерекше қауіп төндіреді [5].

Бұрынғысынша ТЖК көлігіндегі көптеген технологиялық үрдістер сусыз болмайды. Әртүрлі пайдалану кезінде ТЖК кәсіпорындарының ағынды суларына тек технологиялық қалдықтар ғана емес, сонымен қатар ҚО-ға жойқын әсер ететін уытты заттар да түседі. Мысалы, локомотив депосының ағынды суларына, егер арнайы сүзгілер мен тазарту жүйелері болмаса, ЖҚ жуу, жеке тораптар мен агрегаттар, аккумуляторлық батареяларды тазарту, киімді, жолаушылардың ұйықтайтын керек-жарақтарын және т.б. химиялық тазалау және жуу кезінде пайда болатын химиялық заттар түседі.

ТЖК инфрақұрылымдық кәсіпорындары да ластанудың қуатты көзі болып қала береді. Бұған депо, теміржол станциялары, цехтар мен жолаушылар және жүк вагондарын дайындау және жөндеу учаскелері, қоймалар, шпал сіндіру зауыттары және т.б. жатады. [38]

Маңыздылығы кем емес ластаушы фактор – ТЖК ЖҚ шу мен діріл. Көптеген қалалардың тұрғын үй аймақтарына жақын пойыздардың қарқынды жүру кестесі акустикалық климатқа кері әсер етеді және тұрғындарға айтарлықтай қолайсыздық тудырады. Тұрғын үй аудандарына жақын орналасқан ЖҚ-нан шу, діріл деңгейі көбінесе барлық рұқсат етілген нормалардан асып түседі. Теміржол жолдарына іргелес ғимараттардағы діріл көздерінің бірі ТЖК көлік құралдары болып табылады. ТЖК жылжымалы құрамы жұмыс кезінде үлкен динамикалық жүктемелер тудырады, бұл өз кезегінде ғимараттар мен құрылыстардың топырақтарында және құрылыс конструкцияларында дірілдің таралуына әкеледі.

Диссертациялық зерттеу аясында бұдан әрі ТЖК-дегі апаттар немесе зілзалалар нәтижесінде ҚО ластануы сияқты осындай өзекті мәселенің аспектісі қарастырылады.

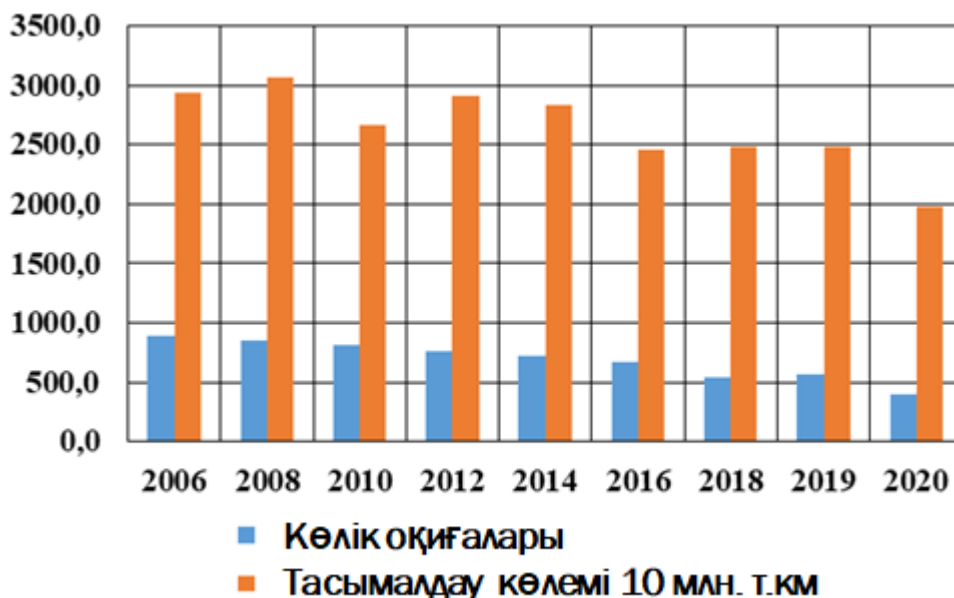
Айта кететін жай, бүгінгі таңда әртүрлі сусымалы жүктерді тиеу, түсіру, тасымалдау кезінде және ТЖК кәсіпорындарының қоқыстары мен қалдықтары арқылы ҚО-ның экологиялық ҚЖ-мен ластануы қарқынды жүреді, мұның бәрі қоршаған табиғи ортаның жай-күйіне зиянды, кері әсерін тигізеді.

ТЖК қызметінің қоршаған ортаға кері әсерін табиғатты қорғау іс-шараларын жоспарлы енгізу кезінде ғана азайтуға болады. Ең алдымен, біз ТЖК экологиялық мәселелерін шешуде жүйелік тәсіл қағидаттарын іске асыру туралы сөз болуы тиіс. Қазақстанның құқықтық өрісінде теміржол саласындағы табиғатты қорғау қызметі бойынша тұтас жүйелік құжаттың болмауы ТЖК-де Экологиялық қызмет стратегиясын әзірлеуді талап етеді.

Еуропалық Одақ (ЕО) елдерінде ТЖК-дегі көлік оқиғалары бойынша статистикаға талдау жасалды [6-8]. Жүргізілген талдау нәтижелері (Сурет 1.1-1.4) көрсетілген.

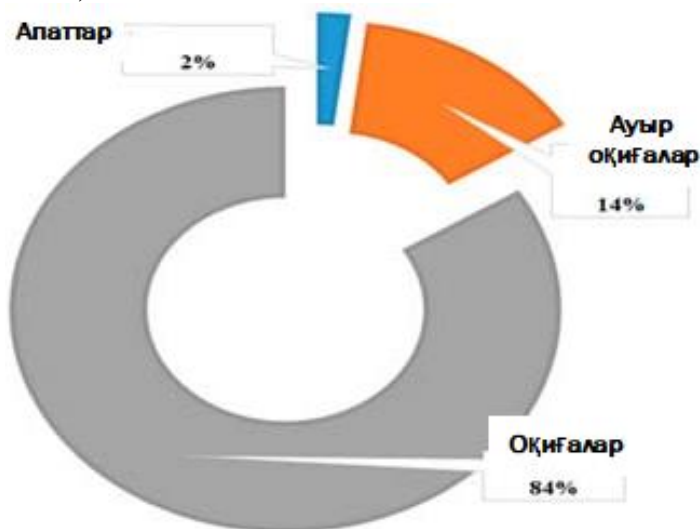
Графиктерден көрініп тұрғандай (Сурет 1.1) соңғы жылдары көліктегі қақтығыстар азайып келеді, алайда 2020 жылы қақтығыстар санының едәуір қысқаруы экономикадағы жалпы жағдайдың және Covid 19 вирусынан туындаған пандемияның салдары болып табылатынын ескеру қажет.

Жоғарыда аталған статистикалық есептерде айтылғандай, ТЖК-дегі оқиғалар әрдайым апатты сипатта бола бермейді. Мұндай оқиғалардың басым көпшілігі адамдар мен ҚО үшін жағымсыз салдарға әкеп соқпаған қақтығыстарды білдіреді.



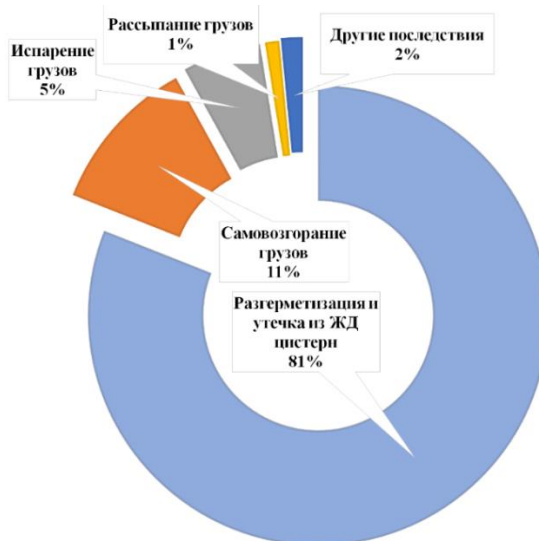
Сурет 1.1 – ЕО елдеріндегі көлік оқиғалары туралы статистикалық деректер ([6-8], статистикалық есептердің деректері бойынша құрастырылған)

Көрсетілген 5 жылдағы (2015-2020 жж.) көлік оқиғаларының ауырлығы туралы орташа деректерді сипаттайтын статистикалық деректер бар диаграмма көрсетілген (Сурет 1.2).



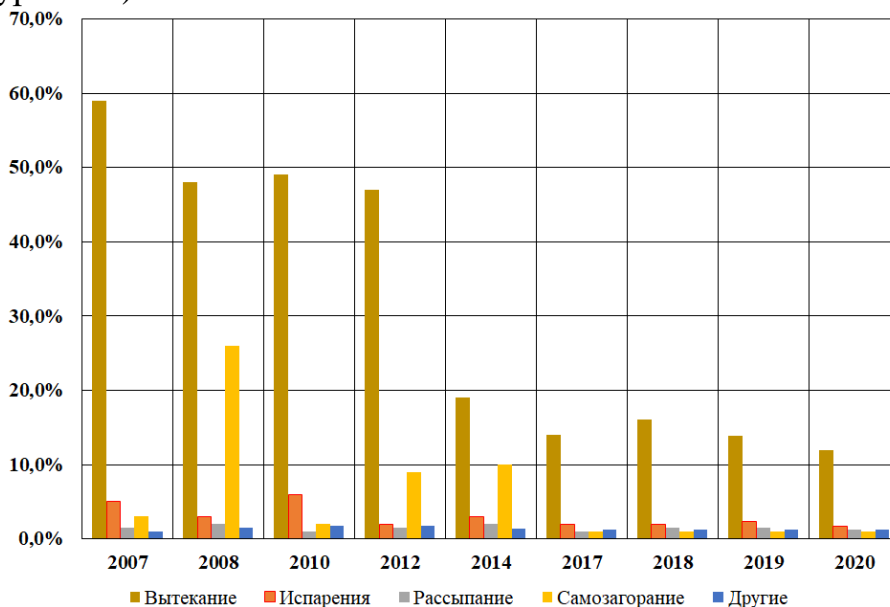
Сурет 1.2 – ЕО елдерінде ТЖК-дегі көлік оқиғалары салдарларының ауырлығы бойынша көлік оқиғалары туралы 2015 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңдегі статистикалық деректер ([6-8] деректері бойынша)

Монография [9, 150б.] деректері бойынша, сондай-ақ зерттеу нәтижелері бойынша [10,53б.], теміржол цистерналарының қысымын төмендету салдарынан болатын мұнай өнімдерінің, химиялық заттардың және т.б. төгілуіне байланысты оқиғалар ҚО-ға көп зиян келтіреді (Сурет 1.3).



Сурет 1.3 – ТЖК-дегі оқиғалар мен апаттардан кейін қоршаған ортаға тигізер зардап нәтижелерінің арақатынасы ([6-8] деректері бойынша)

Соңында, ЕО мемлекеттерінің жоғарыда аталған статистикалық есептеріндегі деректер бойынша, көрсетілген жылдардағы ТЖК-дегі көлік оқиғалары санының динамикасындағы өзгерістерді бейнелейтін диаграмма жасалды (Сурет 1.4).



Сурет 1.4 – Еуропалық Одақ елдерінің ТЖК-дегі экологиялық келеңсіз оқиғалардың түрлері бойынша статистикалық деректер ([6-8] деректері бойынша)

Гистограммадан көріп отырғандай (Сурет 1.4), теміржол цистерналарының қысымын төмендетуге байланысты оқиғалар, мысалы, ірі апаттар мен ТЖК-дегі апат салдарынан болатын оқиғалар, бұрынғысынша, ең үлкен қауіп болып отыр. Егер есептер ақшалай баламада жүргізілсе, мұндай оқиғалар ҚО-ға келтірілген залалдың басым бөлігін құрайды.

Мәселен, 2012 жылдың басында Ресей Федерациясындағы Амур облысында ірі экологиялық зардаптармен бірге ТЖК-дегі үлкен апат болды. 17 цистернаның рельстен шығып кетуі және мұнайдың төгілуі нәтижесінде жерге кемінде 200 тонна мұнай төгілді [10, 52 б.].

Оңтүстік-Шығыс Азия елдерінде (Үндістан, Пәкістан, Бангладеш) жыл сайын ТЖК-дегі ірі апаттар мен зілзалалар орын алады. Тиісті зерттеулер көрсеткендей, мысалы, [11], бұл апаттардың көбі ҚО-ға үлкен зиян келтіреді.

ТЖК-дегі және Солтүстік Америка елдеріндегі апаттарды айналып өтпеді. Мысалы, ең ірі апаттардың бірі 2013 жылы Лас-Мегантик (Квебек провинциясы, Канада) теміржолындағы апат болды [12]. Апат салдарынан 74 мұнай цистернасы рельстен шығып кетті. Цистерналардың бір бөлігінің герметизациясы жойылған және бір бөлігі өртенген. Бұл апат көп адам шығынымен қатар болды. Онда 42 адам қаза тапты және бірнеше адам хабар-ошарсыз жоғалып кетті деп есептелді. Бұл соңғы 30 жылда Солтүстік

Америкадағы теміржол көлігіндегі ең маңызды апаттардың бірі болды (Сурет 1.5).



Сурет 1.5 – Lac-Mégantic теміржолындағы апат салдары [12]

Ресей Федерациясында 2013, 2015, 2018 жылдары экожүйеге зиян келтіретін ірі апаттар болды. Мысалы, 2015 жылы Мәскеу түбінде күкірт қышқылын тасымалдайтын бірнеше цистерналар рельстен шығып кетті. Алдын ала мәліметтер бойынша, шығын шамамен 50 миллион рубльді құрады.

ҚЖ жіктелуі, яғни олардың сыныпқа, санатқа және қаптама тобына жатуы, олардың түрлері мен ықтимал қауіптілік дәрежесіне байланысты мемлекеттік және халықаралық стандарттарға сәйкес көрсеткіштер мен өлшемшарттар бойынша жүзеге асырылады [13].

Қауіпті жүктер 9 сыныпқа жіктеледі. Жүктің қауіптілік сыныбы немесе кіші топшалары оның ерекше қасиеттерімен, қауіптілік сипатымен және дәрежесімен айқындалады, ал олар, өз кезегінде, тасымалдау кезінде жүкпен жұмыс істеу ерекшеліктерін, сондай-ақ апаттық жағдайларда ҚО үшін ықтимал қауіптілік салдарлардың ауырлығын айқындайды.

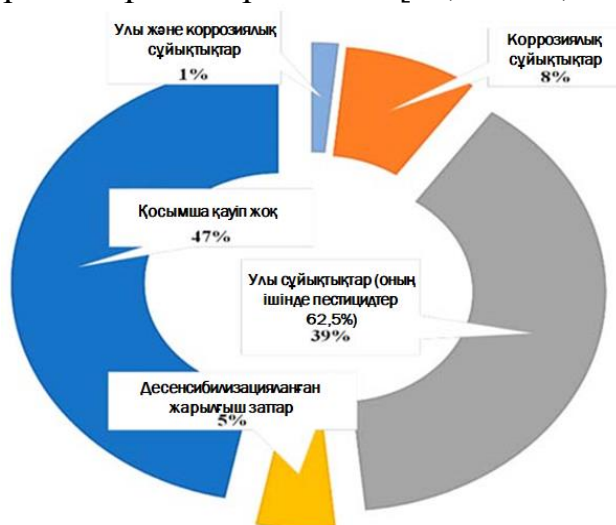
Осылайша, қауіпті жүктердің номенклатурасы және олардың түрі мен қауіптілік дәрежесін зерттеу тек теориялық қана емес, сонымен бірге үлкен практикалық маңызы бар. Мұндай зерттеу ЕО-ға кіретін мемлекеттердің ТЖК тасымалданатын бірқатар ҚЖ сыныптары бойынша қолжетімді статистика деректерін талдау арқылы жүзеге асырылды. Өкінішке орай, ҚР бойынша мұндай статистика қолжетімсіз болып шықты. ҚЖ жүк тасымалы нәтижелерінің статистикалық деректері негізінде 2009 жылдан 2019 жылға дейінгі кезеңде оларды тасымалдау диаграммалары жасалды (Сурет 1.6, Сурет 1.7).

Мысалы, 3-сыныпқа жататын қауіпті жүктер (тез тұтанатын сұйықтықтар) қосымша ҚЖ қауіптілік түріне қарай мынадай санаттарға бөлінеді: қауіптің қосымша түрінсіз; уытты; коррозиялық; уытты және коррозиялық; жоғары температурада десенсибилизацияланған.

ЕО елдерінде тасымалданатын ТЖК тасымалданатын 3-сыныпты заттардың салыстырмалы саны (Сурет 1.6) көрсетілген.

Осы сыныптағы заттар мен өнімдердің ең көп саны қосымша қауіпсіз санатқа жатады (46,8%). Улы заттар 38,7% құрайды (оның 62,5%-ы – пестицидтер). Коррозиялық заттар 8,1% құрайды. Улы және коррозиялық заттар 1,6%, десенсибилизацияланған жарылғыш заттар 4,8% құрайды.

9-сынып бойынша статистикалық деректерді талдау нәтижелері төменде көрсетілген (Сурет 1.7). 9-сыныпты қауіпті жүктерге тасымалдау кезінде басқа сыныптарға тән емес қауіп төндіретін заттар (қоспалар мен ерітінділерді қоса алғанда), материалдар мен бұйымдар жатады [13, 268 б., 14].



Сурет 1.6– ЕО мемлекеттерінің ТЖК-дегі тез тұтанатын жүктердің қосымша қауіптілігі түрлерінің салыстырмалы саны [13]



Сурет 1.7 – 9-сыныпты жүктердің қауіптілік түрлерінің салыстырмалы саны [13]

Осы сыныптағы қауіпті жүктер келесі санаттарға жатады: жұқа шаңы деммен жұту кезінде денсаулыққа қауіпті болуы мүмкін заттар; өрт кезінде диоксидер бөлетін заттар мен бұйымдар; жаңғыш булар бөлетін заттар; литий

батареялары; құрал-жабдықтарының құрамында қауіпті жүктер болатын құтқару және көлік құралдары; қоршаған ортағы және су аумағына қауіпті заттар; жоғары температурада ғана тасымалдау ұсынылғана заттар; магниттелген материал; БҰҰ нөмірі берілген басқа да қауіпті заттар, материалдар мен өнімдер; теңіз және өзен кемелерімен жаппай тасымалдаған жағдайда қауіп төндіретін заттар.

Өрт кезінде диоксиндерді (77,1%) бөлуі мүмкін заттар мен аспаптар, сондай-ақ тасымалдау кезінде қауіп төндіретін, бірақ басқа сыныптардың анықтамасына жауап бермейтін (31,4%) қауіп төндіретін заттар үлкен қауіп төндіреді (Сурет 1.7).

Айта кетейік, көптеген оқиғаларға қарамастан, ҚР ТЖК-дегі экологиялық қызмет стратегиясын әзірлеу қажеттілігі туралы мәселе әлі де назардан тыс қалған. ТЖК-де ағымдағы экологиялық ахуалды мониторингілеуді уақтылы және тиімді ұйымдастыру [38], сондай-ақ ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалаудың қазіргі заманғы құралдары ҚР темір жолдары басшылығының басым міндеттерінің бірі болуға тиіс.

ТЖК табиғатты қорғау қызметінің кейбір мәселелері қазақстандық ғалымдардың, сонымен бірге Еуропа елдері (Ресей, Украина, Германия, Франция және т.б.), АҚШ, Қытай және теміржол қатынасы дамушы басқа да елдер мамандарының еңбектерінде баяндалған [15-17].

Табиғатты қорғаудың автоматтандырылған бағалау құралдарын жетілдіру бойынша ТЖК-дегі апаттар мен зілзалалардың салдарын оқшаулау үрдістерінің тиімділігін арттыру мақсатында мұндай қауіпті жүктердің ҚО экологиялық жағдайына әсер етуіне егжей-тегжейлі талдау жүргізу қажет. Бұл мәселе көптеген нормативтік актілер мен заңнамалық құжаттар арқылы реттеліп, ғылыми және ғылыми-практикалық әдебиеттер мен бұқаралық ақпарат құралдарында жан-жақты талқыланады.

ҚЖ тасымалдау барысында апаттық оқиға қалыптасқан жағдайды талдау нәтижесінде мұндай жағдаяттардың қауіпті факторлары дамуының нақты және қарапайым модельдерінің бар болуы қажет екендігі анықталды. Сондай-ақ ТЖК-дегі апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті бағалаудың тиімді және арзан автоматты құралдарының әлеуетін іске қосу қажет.

Сондықтан өзекті міндет – ТЖК-дегі ҚЖ-мен апаттық жағдайлардың қауіпті факторларының дамуын болжау үшін модель тандау міндеті. Басқа бағытқа апаттық жағдайлардың қауіпті факторларының даму үрдістері және ҚЖ тасымалдау кезінде осындай жағдайлардың салдарын жою технологиялары қарастырылатын жұмыстар жатады.

Төтенше жағдайларда қауіпті құбылыстардың даму үрдістеріне, апаттық жағдайлардың зілзалаларға ұласу ықтималдығын бағалауға, сонымен бірге апаттық жағдайлардың, соның ішінде ТЖК-дегі апаттық жағдайлардың болуын

болжау мәселелері [18-20] жұмыстарда қарастырылады. Бұл зерттеулерге сәйкес ТЖК-дегі апаттың ықтималдығы тасымалдау көлеміне байланысты және қандай да бір шарттарға байланысты теміржол апаттық жағдайлары ағынын қарапайым пуассондық ағын ретінде қарастыруға болады. Жұмыста тасымалданатын жүк көлемі, апаттық жағдай пайда болуының қарқындылығы, пойыздың қозғалыс жылдамдығы және жүктің қаптамасы бұзылмай, сау қалпын сақтайтындай соқтығысудың шекті жылдамдығын ескере отырып, ҚЖ-мен апатты іске асырудың математикалық моделі қарастырылған. Жүргізілген модельдеу нәтижелері пойыз қозғалысының орташа жылдамдығын төмендету немесе экономикалық және техникалық шектері бар қаптама конструкцияларының тұрақтылығын арттыру арқылы ҚЖ-мен апаттардың қарқындылығын төмендетуге қол жеткізуге болатындығын көрсетеді. Апаттық жағдайларды жою және олардың залалын бағалау мәселелеріне көп көңіл бөлінді.

Негізгі экологиялық ҚЖ тасымалдау кезінде апат салдарын жою бойынша жалпы өзекті мәселелер [20, 300-бет] жұмыста қарастырылған. Онда апаттарды дамытудың физикалық үрдістерінің түрлері және апаттық жағдайлардың салдарын жою бағыттары қарастырылған, жою жұмыстарын тиімді жүргізудің негізгі тәсілдері айқындалған. Жұмыста апаттарды жою жөніндегі ұйымдастырушылық іс-шараларға және техникалық шешімдерге, атап айтқанда, ҚО-ға түскен экологиялық қауіпті заттарды оқшаулау, ұстау немесе залалсыздандыру бойынша технологиялық үрдістерді әзірлеу қажеттілігіне қатысты талаптарды айқындауға қатты көңіл бөлінеді. Автор жою жұмыстарын тиімді жүргізу үшін апаттың дамуын болжау тетіктерінің болуы және жою жұмыстарын жүргізу үрдісінің барлық қатысушылары арасындағы сенімді байланыстың болуы қажет екенін атап көрсетеді.

ҚЖ тасымалдауда апаттардың алдын алу іс-шараларын жетілдіру туралы [20, 6-12 беттер] жұмыс қарастырылды. Мұнай өнімдерін тасымалдау және сақтау шарттарын анықтайтын негізгі қасиеттер ретінде олардың оңай тұтанатындығы, төмен температураларда тұтқырлығы мен қатаюы жоғары болатындығы, булануға қабілеттілігі жоғарылайтыны, металға коррозиялық әсері және адам ағзасына зиянды әсері атап өтілді. ТЖ АЖ-дың қоршаған ортаға зиянды әсерлерін жою құралдары мен технологиялық үрдістеріне арналған жалпы талаптар белгіленді. Топырақ пен су қоймаларының ластану жолдары жан-жақты қарастырылған. Апаттың болған мезеті мен салдарын жоюға бағытталған жұмыстардың басталуы арасындағы уақыт мерзімі мүмкіндігінше қысқа болуы керектігі келтірілген. Бұл – мұнай өнімдерінің ұшпа фракциялары үшін өте өзекті, себебі олардың топырақ арқылы көшіп-қону және жердің беткі қабатында таралу жылдамдығы өте жоғары, сонымен қатар зардап шеккен аймақтың ауа қабатына кері әсер етеді.

[21] жұмыста мұнай өнімдерінің төгілуіне қарсы әрекет ету жолдарының тиімділігін арттыру әдістері қарастырылып, мұндай төгілулерді жоюдың

технологиялық сызбасы жасалды. Жұмыста апатты жою жұмыстарын жүргізу ауданында мұнай өнімдерінің сорбенттері тұрақты және жедел түрде қолжетімді болатын технологиялар баяндалады. Сорбенттерді мұнай өнімдерін тасымалдауға арналған цистернаның ішінде тікелей сорбциялық бон түріне ауыстыруға мүмкіндік беретін құрал ұсынылды. Бұл ҚЖ-дің ҚО-ға зиянды әсерінің басталу мезетінен олардың сорбенттердің беткі қабатында сіңуіне дейінгі уақыт мерзімін қысқартуға мүмкіндік береді.

[22] жұмыста темір жол арқылы тасымалданатын мұнай өнімдерін құю кезінде ластануды жоюда, залалсыздандыруда және блоктауда ҚО-ны қорғау мәселелері қаралды. Міндет жаңа технологиялық шешімдерді, атап айтқанда, жабысқақ заттарды қолдану арқылы шешіледі.

[23] жұмыста автомобиль және құбыр көлігімен өзара іс-қимыл жасау кезінде ТЖК ҚЖ тасымалдау кезіндегі тәуекелдер мен шығындарды бағалау мәселелері қаралды.

ТЖК-дегі апаттық жағдайлар болуының экологиялық тәуекелдерін бағалау принциптері мен әдістері [18, 166., 22, 15-176.] жұмыстарында қарастырылған, мұнда көлік үрдістерін табиғатты қорғау өзекті болуына байланысты экологиялық тәуекелдерді қалыптастырудың негізгі мәселелері қаралып, ТЖК-дегі экологиялық тәуекелдерді басқарудың ықтималдығын бағалау әдістері мен кейбір принциптері ұсынылған. Бұл жұмыстарда көлік оқиғалары зиянды салдары бойынша жіктелмегендігі, ҚО-ға теріс әсері бойынша әртүрлі қауіптілік сыныптарындағы ҚЖ-дің негізгі қасиеттеріне талдау жасалмағаны, сонымен қатар ҚЖ экологияға кері әсерінің сандық және сапалық сипаттамалары қаралмағандығы өкінішті.

Талданған осы жұмыстарда ҚЖ-мен болуы ықтимал апаттық жағдайлардың даму үрдістері, олардың ҚО-ға әсерін болжау мәселелері мен моделі жасалған жоқ.

Қазір кезде көптеген мемлекеттерде көлік үрдістерін жасанды интеллект арқылы жүргізу мәселелеріне, оның ішінде тасымалдау қауіпсіздігінің деңгейін көтеруге, қоршаған ортаның табиғи жағдайын сақтауға, адам факторының басқару сапасына кері әсерін болдырмауға және т.б. зор көңіл бөлінеді.

ТЖК жұмыс істеу ерекшеліктері ескеріле отырып жасалған ғылыми зерттеулердің тағы бір бағыты зияткерлік көлік жүйелерінің құрамында сараптамалық жүйелерді (СЖ) және шешімдерді қабылдауды қолдау жүйелерін (ШҚҚЖ) қолданып, ақпараттық технологияларды, инфрақұрылым объектілері мен жылжымалы құрамның жай-күйін мониторингілеу мен байланыстың жаңа жүйелері қолданылатын көлік жүйелерін құрудың ғылыми-әдістемелік тәсілдеріне арналған. Мұндай тәсілдердің кейбір аспектілері [13, 270-271б.] жұмыста қаралған.

Мұнай өнімдерін ТЖК-мен тасымалдау және қолдану үрдістерінде ҚО жай-күйін басқарудың заманауи қағидаттарын талдау нәтижелері [19, 18б.]

жұмыста көрсетілген. Бұл зерттеуде экологиялық және экономикалық көрсеткіштерді жоғарылату мақсатында осындай басқарудың қолданыстағы сызбаларын оңтайландырудың бір жолы ұсынылды [24].

[16, 2426.] жұмыста теміржолмен ҚЖ-ді тасымалдау барысында апаттық жағдайлардың салдарын жою кезінде әртүрлі ұйымдарға бағынатын апаттық-құтқару қызметтерінің бірлескен іс-қимылын ұйымдастыру мәселелері қарастырылады.

[25] жұмыс ҚЖ тасымалдау үрдісінің қауіпсіздігін басқару әдістеріне және экологиялық қауіпсіздікті арттыру жолдарына, соның ішінде ақпараттық технологиялар негізінде ҚЖ тасымалдау қауіпсіздігі жүйелерін жобалаудың жаңа қағидаттарын әзірлеу есебінен экологиялық қауіпсіздікті арттыру жолдарына арналған.

Пойыздар қозғалысы үрдістерін басқару, жолаушылар мен жүктерді тасымалдау, вагондардың тоқтап қалуын қысқарту, инфрақұрылым объектілері мен ЖҚ жөндеу жүргізу кезінде ШҚҚЖ мен сараптамалық жүйелерді қолдануға арналған [26, 27].

[26, 146.] жұмыста тиісті мобильдік және стационарлық басқару пункттерінде орнатылған терминалдардың көмегімен теміржол байланыс желісі негізінде деңгейлер арасындағы байланысы бар көп деңгейлі ШҚҚЖ әзірлеу ұсынылады. Мұнда апаттық жағдайды жою үшін қажетті күштер мен құралдардың саны келтірілген зиянға қатысты математикалық функция ретінде қарастыру ұсынылған.

1.2 Теміржол көлігінде апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау үшін жаңа әдістер мен модельдерді интеграциялау

ТЖК-дегі ҚЖ-мен апаттық жағдайларды жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті басқару мәселелеріне арналған әдебиеттерді талдау осы мәселелер бойынша ғылыми зерттеулердің негізгі бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді.

Осы бағыттардың бірі ретінде ластаушы заттарды тасымалдау мен таратылуының әртүрлі математикалық модельдеріне негізделген атмосфераның ластануын бағалау әдістері мен осы әдістерді жүзеге асыратын компьютерлік бағдарламалық кешендерге арналған жұмыстарды атауға болады. Бүгінгі таңда модельдеу әдіс-тәсілдері сан қырлы мен көп аспектілі болғандықтан ТЖК-дегі ластаушы көздерден зиянды шығарынды заттардың қоршаған ортаға таралуының математикалық модельдерінің бірыңғай жіктелісі жасалмағандығын айта кету керек. Бұл модельдердің сипаттамалары шешілуге тиіс міндеттер жиынтығына және модельдеу дәлдігіне қойылатын талаптарға сәйкес анықталады.

[28] жұмыста атмосферада ластаушы заттардың таралуының әртүрлі математикалық модельдері негізінде құрылған кең таралған бағдарламалық кешендер қарастырылған, оларды жүзеге асыру үшін есептеу ресурстары мен көп процессорлы компьютерлік жүйелер (КЖ) пайдаланылады.

[29] жұмыс атмосферадағы ластаушы заттардың таралуының математикалық және компьютерлік модельдерін құрудың физикалық негіздерін талдауға арналған. [16, 242б., 20, 200-210б.] жұмыстарда атмосфераның ластануын бағалау үшін қолданылатын негізгі модельдер қарастырылған.

Соңғы кезде атмосфералық ауа сапасын модельдеуде ластаушы заттардың екі түрлі таралу модельдері қолданылады. Біріншісі ластаушы заттардың таралып шашырауын модельдеу міндеттерін атқарса, екіншісі – ауа ластануын модельдейді.

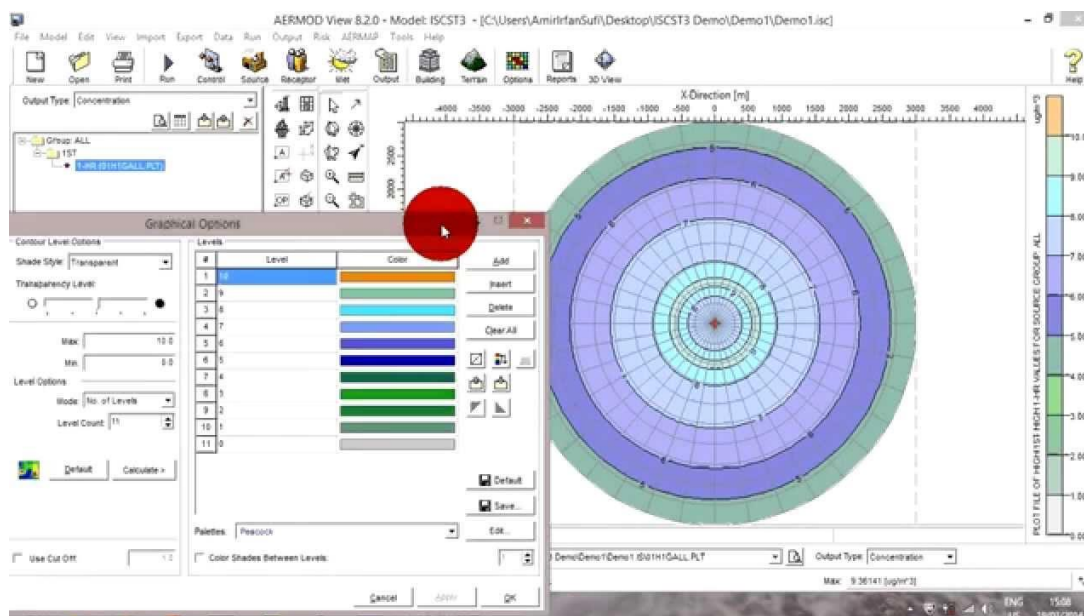
Мұндай математикалық модельдерді практикада бағдарламалық іске асырылуын қамтамасыз ету – белгілі бір міндеттерді шешуге арналған және әртүрлі факторларды ескеретін күрделі жүйе. Мысалы, турбулентті ағындардың өзгеріс динамикасын немесе құрамында шаң-тозаңы бар фракциялардың жылу тасымалдау факторларын ескеру күрделі мәселе. Күннің мен диффузды сәулеленудің ауысып-берілуін ескеріле отырып, газ тәрізді ластануларға ҚО түрлі компоненттерінің әрекет ету сценарийлері бұдан да күрделі модельдермен сипатталады. Атмосфераның ластануына булану механизмдері, сонымен бірге жаңбыр тамшыларының газ тәрізді ластаушы заттарды сіңіруі және т.б. әсер етеді.

Төмендегі тізімде «ауыр газдың» шашырау модельдерін жүзеге асырудың ең танымал әдістемелері келтірілген [30, 31]:

- 1) Дүниежүзілік банктің;
- 2) HGSYSTEM жүйесі;
- 3) Netherlands Appganisation for Applied Scientific Research – Нидерланды қолданбалы ғылыми зерттеулерге арналған қолданбасы, Det Norske Veritas (DNV Technica) – Халықаралық сертификаттау қоғамы (Норвегия);
- 4) RD 03-26-2007 және әртүрлі нұсқалардағы «ТОХІ» бағдарламалық кешендері, «ТОХІ+», «ТОХІ+Risk» (Ресей);
- 5) ALOHA (Америка құрама штаттары).

Атмосферадағы ластаушы заттардың таралуының ең көп таралған модельдерін және салдарын бағалаудың автоматтандырылған жүйелерін қарастырамыз.

Aermod (Канада, АҚШ) бағдарламалық жасақтамасының (БЖ) атмосфералық дисперсия модельдері Гаусс моделінің алгоритмдеріне негізделген. Бұл БЖ ірі стационарлық өнеркәсіптік ластану көздеріне жақын атмосфера күйлерін есептеуге және модельдеуге арналған (Сурет 1.8). Мұнда ластану көзінен 50 км дейінгі радиустағы деректер ескеріледі.



Сурет 1.8 – Атмосфералық дисперсияны автоматтандырылған бағалауға арналған AERMOD бағдарламалық кешенінің жалпы көрінісі [30]

AERMOD БЖ-на енгізілген модельдер шығарынды дисперсиясын ескере отырып, жер бетінен әртүрлі деңгейде үздіксіз қалқитын шығарындылар үшін болжамды бағалауды құруға мүмкіндік береді. Модельде ластаушы заттардың концентрациясы разрядталған ағынға әсер етпейді. Модельдеу кезінде турбулентті ағындар сызықты болады. Алайда шектеулер болады. Соған сәйкес желдің бүйірлік орташа жылдамдығы мен тік жылдамдығы нөлге тең болады. Модель әртүрлі биіктікте орналасқан зондтардан метеорологиялық деректерді қабылдайды. AERMOD БЖ температура, жел, турбуленттілік профильдерін жасауға мүмкіндік береді, сонымен қатар ластаушы заттардың құрғақ және дымқыл тұнбаларына байланысты факторларды ескереді.

AERMOD БЖ үш негізгі модульден тұрады:

- 1) AERMOD – атмосфералық ауаның жай-күйін және ластаушы заттардың дисперсиясын есептеу;
- 2) AERMET – кіріс деректерін автоматты түрде жинауға арналған аспаптық жинақ;
- 3) AERSURFACE – рельефті модельдеуге, сондай-ақ дисперсиялық модель үшін қажетті атмосфералық параметрлерді есептеуге арналған модуль.

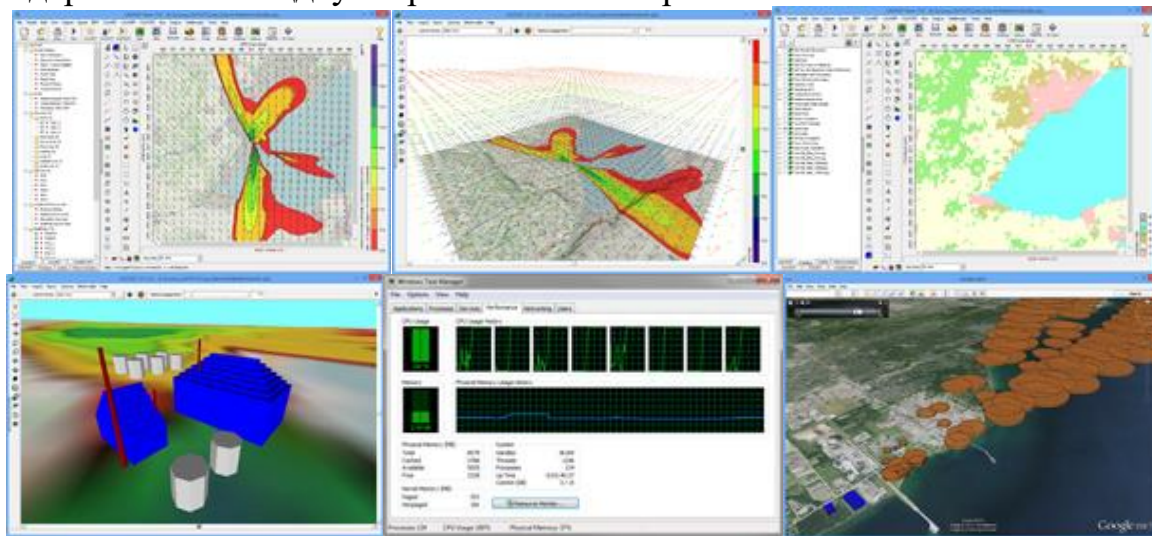
Бұл модельдің және жалпы AERMOD БЖ кемшіліктері бастапқы деректерді дайындау және жинау үшін айтарлықтай уақыт пен ресурстық (зондтар, датчиктер, қызметкерлер) шығындардың қажеттілігі болып табылады. Сондықтан осы БЖ-ны өндіруші оны негізінен өнеркәсіптік ластану көздерінен экологиялық тәуекелдерді бағалау міндеттерін шешу үшін қолдануды ұсынады. Демек, жылжымалы объектілер үшін, мысалы, ТЖК, бұл БЖ жарамсыз.

CALPUFF моделін және оның негізінде жасалған қолданбалы бағдарламалық жасақтаманы АҚШ ҚО қорғау агенттігі қабылдаған. Модель және БЖ атмосфералық дисперсияны модельдеудің заманауи стационарлық емес метеорологиялық және әуе жүйесінің негізі болған «Ауа сапасы жөніндегі нұсқаулыққа» негізделген. БЖ интеграцияланған Гаусс моделіне негізделген. Бұл бағдарламалық жасақтама ластаушы заттардың тасымалдану жылдамдығы мен қашықтығын, олардың АҚШ-тың әртүрлі штаттарындағы ҚО-ға әсерін бағалауға арналған ресми танылған платформа болып табылады. Модель және бағдарламалық жасақтама әртүрлі жағдайларда, соның ішінде күрделі метеожағдайларда да өз жұмысын жоғары деңгейде көрсетті.

Модельдеу жүйесі мен сәйкес бағдарламалық жасақтама (БЖ) модульдік принцип бойынша құрылған. Әрбір модульді жеке бағдарламалық өнім ретінде де, басқа модульдермен қоса пайдалануға да болады. Бағдарламалық жасақтама негізгі үш бөліктен құралған және мәліметтерді алдын ала өңдеу, талдау, болжау мен т.б. арналған көптеген бағдарламалық және аппараттық модульдерден тұрады.

Атап айтқанда, бағдарламалық жасақтаманың ең танымал модульдері (Сурет 1.9):

- 1) CALMET – ластануды диагностикалық үш өлшемді метеорологиялық модельдеу бойынша міндеттерді шешу;
- 2) CALPUFF – ластану көздеріне жақын ауа сапасын модельдеу;
- 3) CALPOST – басқа модульдерден алынған деректерді, сондай-ақ аспаптық, оның ішінде автоматты бақылау және бастапқы ақпаратты жинау құралдарын кейінгі өңдеуге арналған пакеттер жиынтығы.



Сурет 1.9 – CALMET кешенінің бағдарламалық интерфейстерінің жалпы көрінісі [30]

Жоғарыда аталған бағдарламалық жасақтама компоненттерінің әрқайсысының өзіндік дамыған графикалық интерфейсі бар. Осы пакеттерден басқа, бағдарламалық жасақтама көптеген басқа процессорларды қамтиды,

оларды мамандар мен талдаушылар спутниктерден, метеозондтардан, стационарлық және жылжымалы ҚО ластануын бақылау зертханаларынан алынған метеодеректерді қолдана отырып, геофизикалық статистиканы дайындау үшін қолдана алады.

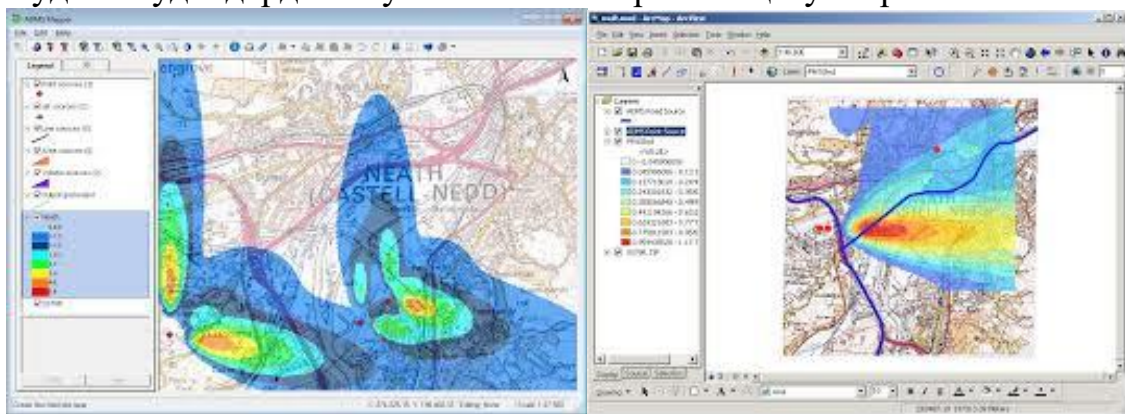
Модель мен бағдарламалық жасақтаманың айрықша ерекшелігі-атмосфераға нүктелік немесе сызықтық көздерден де, жылжымалы объектілерден де келетін үздіксіз өзгермелі шығарындылардың дисперсиясын модельдеу және болжау мүмкіндігі. Сондай-ақ, CALPUFF моделі ластаушы заттардың таралу жолында орналасқан жақын маңдағы құрылымдарға ауа ағындарын шабу әсерін өңдеуге арналған алгоритмдерді қамтиды.

ADMS-5 моделі мен соған сәйкес БЖ ҚО-ға нүктелік көздерден де, атмосфераның жылжымалы ластаушыларынан да түсуі мүмкін ластаушы заттардың концентрациясын есептеудің заманауи құралдары болып табылады (Сурет 1.10). ADMS-5 моделінде және БЖ-да көптеген факторларды ескеруге мүмкіндік беретін алгоритмдер бар. Мысалы, мыналар ескеріледі: жер бедерінің күрделілігі; ластаушы заттардың ылғалды тұндырылуы; ластаушы заттар концентрациясының қысқа мерзімде өзгеруі; сыртқы температура мен ылғалдылық өзгерген кезде әртүрлі ластаушы заттарға тән химиялық реакциялар; радиоактивті ыдырау және гамма-доза факторлары және т.б.

CALINE3 моделі – дисперсияның стационарлық Гаусс моделі. Модель салыстырмалы түрде қарапайым рельефтер үшін ауаны ластаушы заттардың концентрациясын есептеу үшін жасалған. Caline3 моделі жетілдірілген CAL3QHC және CAL3QHCR модельдерінде енгізілген.

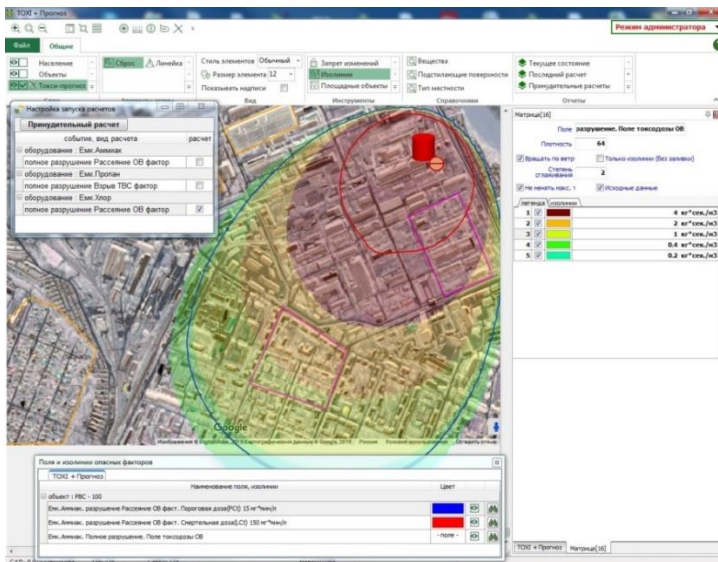
STDMPPLUS моделі – жетілдірілген Гаусс моделі. Бұл модель рельефі күрделі, сонымен қатар елді мекеннің ландшафты көптеген ғимараттар мен құрылыстардан қалыптасқан жерлердегі ауаның сапалық параметрлерін есептеуге мүмкіндік береді.

OCD моделі нүктелік, аумақтық немесе сызықтық көздерден эмиссияның жағалаудағы аудандардағы ауа сапасына әсерін анықтауға арналған.



Сурет 1.10 – ADMS-5 кешенінің бағдарламалық интерфейстерінің жалпы көрінісі [30]

«TOXI», «TOXI+», «TOXI+Risk» әдістемелері және соған сәйкес БЖ (Сурет 1.11) және ALOHA атмосферада қозғалатын қауіпті заттар бұлтының сипаттамаларын есептеуге мүмкіндік береді. Бағдарламалық жасақтама алгоритмдері ластаушы заттардың массасы мен энергиясын сақтаудың интегралды заңдарына негізделген.



Сурет 1.11– «TOXI» кешенінің бағдарламалық интерфейстерінің жалпы түрі [31]

Жоғарыда жүргізілген талдау мен экологиялық төтенше жағдайларды модельдеуге арналған бағдарламалық жасақтаманың қысқаша шолуына сүйене отырып, қауіпті заттардың шығарындыларын тарату үрдісін есептеу үшін әртүрлі сипаттағы модельдердің көп саны бар деген қорытынды жасауға болады. Бұл тізбеге қарапайым Гаусс модельдері де, алгоритмдердің негізіне айналған модельдер де, ҚО ластаушылары қозғалысының күрделі газ-динамикалық көрсеткіштері бойынша толық есептеулер үшін бағдарламалық жасақтама да кіреді.

ҚЖ-мен теміржолдағы апаттық жағдайлардың салдарын жою адамдарға төнетін қатерді болдырмауға, табиғи ортаны қорғауға, жүктің, ЖҚ, теміржол инфрақұрылымы объектілерінің сақталуын қамтамасыз етуге, пойыздардың қозғалысын қалпына келтіруге және мүмкіндігінше қысқа мерзімде маневрлік жұмыстарға бағытталған іс-шаралар кешенін жүргізуді қажет ететін өзара байланысты үрдістерден тұрады. Бұл ретте осы іс-шараларды орындау үшін қажетті әртүрлі ресурстарды ұтымды пайдалану да маңызды. Сонымен, пойыздардың қозғалысын қалпына келтірудің теңгерімді мерзімдері (көлік жүйесінің жұмыс қабілеттілігі) және бұл үшін қажетті ресурстар ҚЖ

тасымалдау кезінде теміржолдағы апаттық жағдайлардың салдарын жою жүйесі тиімділігінің өлшемшарттары болып табылады.

Теміржолдағы апат орнындағы көптеген жұмыстарды автоматтандыру және жедел жағдайды бағалау үшін бірқатар зерттеушілер, оның ішінде отандық зерттеушілер автоматтандырылған ақпараттық жүйелердің, сондай-ақ ШҚҚЖ әлеуетін қолдануды ұсынады. Бұл ТЖК-дегі ірі апаттардың зардаптарын жою аймағында ҚО үшін қауіп-қатерлер мен экологиялық тәуекелдердің туындауымен бірге жүруі мүмкін, апаттың даму сипаты және жұмыстар жүргізілетін жердегі экологиялық жағдай туралы көптеген ақпаратты өңдеуге арналған құралдар болуы қажет екендігіне байланысты [39]. Сонымен қатар, мұндай ақпараттың мөлшері жағдай дамыған сайын экспоненциалды өсуге бейім болуы мүмкін, мысалы, бұл Канададағы апат кезінде болған. Ақпараттық ағындар тез өсіп, жойғыштар уақыт тапшылығына тап болған жағдайда ТЖК-дегі экологиялық апаттардың салдарын азайту үшін ТЖК орнындағы жағдайды талдауды автоматтандырылған жедел ақпараттық-талдамалық қамтамасыз етудің нақты құрылған жүйелерін құру қажеттілігі туралы мәселе туындайды. Мұндай жүйелер көпфункционалды және басқалармен қатар келесі функционалды модульдерді қамтуы керек:

1) ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау модулі;

2) ҚО қатерлеріне әрекет ету жөніндегі шешімді әзірлеу және қабылдау модулі;

3) ТЖК ҚЖ тасымалдау кезінде апат салдарларының сценарийлерінің қолайсыз дамуы нәтижесінде туындауы мүмкін ҚО үшін тәуекелдерді бағалау модулі;

4) басқа модульдер.

Апат орнында тікелей ҚО компоненттерінің ластануын өлшеудің аспаптық құралдарынан алынған деректерді (ауа, топырақ, су көздері және т. б. жай-күйі туралы деректер) пайдалана отырып, апат орнындағы жағдайдың дамуының әртүрлі сценарийлерін модельдеп қана қоймай, сонымен қатар, егер ҚО ластану сценарийін дамытуды пессимистік сценарий бойынша алға жылжытатын болса, қауіптер мен салдарларды алдын ала бағалауды шешім қабылдауды қолдау жүйелері (ШҚҚЖ) немесе ақпараттық жүйе арқылы алуға болады. Көліктегі экологиялық қауіпсіздік саласындағы көптеген авторлардың зерттеулері ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті бағалаудың автоматтандырылған және интеллектуалды жүйелерін дамыту осындай жүйелерді қолдану практикасына енгізу үшін жаңа серпін бере алатынын көрсетеді. Бұл, атап айтқанда, бағалардың объективтілігін арттыру және ҚО-ға зиян келтіруі мүмкін ҚЖ тасымалдайтын ТЖК-дегі апат орнында жою жұмыстары үрдісінде уақыт тапшылығын азайту үшін қажет.

ШҚҚЖ шығыс нүктесінде апат орнындағы зерттелетін аумақтар үшін ҚО жай-күйін бағалауды қамтитын ақпарат ұсынылатын болады. Сондай-ақ, ШҚҚЖ есептеу ядросы апат аймағындағы халық денсаулығының хал-ахуалын болжауға, жағдайды экономикалық тұрғыдан және ҚО үшін зиянды салдарын бағалауға мүмкіндік беретін модельдерден құралады. Алынатын ақпараттарды түрлі басшылық құрылымдары да пайдалана алады. Мысалы, бұл ақпарат апат салдарын жою бойынша іс-шараларды дайындау барысында және ҚО-ны бастапқы қалпына келтіруге қаржы бөлу кезінде пайдалы болады (Сурет 1.12).

ҚО экологиялық жағдайын басқару мәселелері үшін ақпараттық және автоматтандырылған жүйелердің құрылымында негізгі компонент деректер базасы болып табылады, ол жүйені ақпаратпен қамтамасыз етеді және оның құрылымын, қызметтерін және төтенше оқиғаларды модельдеуге негізделген басқару мәселелерін шешуге қабілеттілігін анықтайды.

Теміржол инфрақұрылымының экологиялық қауіпсіздігін басқарудың қолданыстағы сызбасын талдау оның жетілмегендігін және оның құрылымында табиғатты ұтымды пайдалану бойынша басқарушылық шешімдерді уақтылы қабылдау және ҚО-ға кері әсерді азайту үшін деректерді алу мен талдаудың ұйымдастырылған жүйесінің жоқтығын көрсетеді.

Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар негізінде табиғатты пайдалануды ұйымдастыруда ҚО басқару жүйелерін дамыту ҚО элементтерінің ластануымен байланысты жағдайлардың пайда болу жиілігін азайтып қана қоймай, сонымен қатар табиғатты пайдалануды ұйымдастыруды оңтайландыруға мүмкіндік береді, өйткені ресурстардың жоғары концентрациясы іргелес аудандарда антропогендік қызметтің өзара эксклюзивті түрлерінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Бұл жағдайда ҚО экологиялық жағдайды басқару жүйесі экологиялық және экономикалық факторларды ескере отырып, табиғатты пайдалануды дамытудың ең жақсы нұсқаларын анықтауға арналған [32-35].

Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар негізінде табиғатты пайдалануды ұйымдастыруда ҚО басқару жүйелерін дамыту ҚО элементтерінің ластануымен байланысты жағдайлардың пайда болу жиілігін азайтып қана қоймай, сонымен қатар табиғатты пайдалануды ұйымдастыруды оңтайландыруға мүмкіндік береді, өйткені ресурстардың жоғары концентрациясы іргелес аудандарда антропогендік қызметтің өзара эксклюзивті түрлерінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Бұл жағдайда ҚО экологиялық жағдайды басқару жүйесі экологиялық және экономикалық факторларды ескере отырып, табиғатты пайдалануды дамытудың ең жақсы нұсқаларын анықтауға арналған [32-35], [39].

Демек, ҚЖ тасымалдау кезінде көлік оқиғаларында туындайтын экономикалық және экологиялық шығындарды азайту мақсатында алдын алу



Сурет 1.12 – Теміржол көлігіндегі апат салдарын жою барысында экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау модульдері бар ШҚҚЖ базалық архитектурасы [32]

шараларына ғана емес (оған апаттық жағдайлардың алдын алу бойынша жүйелерді модельдеу де жатады) ерекше назар аудару қажет, сонымен қатар ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті

автоматтандырылған бағалау міндеттерінде жаңа ақпараттық технологиялардың кең интеграциясына баса назар аудару керек.

Осылайша, ТЖК-де экологиялық менеджменттің тиімді жүйесін енгізу мақсатында мынадай функционалдық блоктардан тұратын экологиялық-ақпараттық даму бойынша зерттеулерді жалғастыру қажет: ақпараттық; талдамалық; жедел және технологиялық.

Табиғи тәуекелдердің рұқсат етілген деңгейлерінің позициясын дұрыс түсіндіру мынада: рұқсат етілген тәуекелдер ықтимал залалды тіркеудің әлеуметтік, экономикалық және экологиялық салалары үшін мемлекеттік және аймақтық деңгейлерде заңнамалық және нормативтік актілермен белгіленуі керек, оларды осы объектілердің халық пен ҚО үшін қауіптілік дәрежесін, сондай-ақ мемлекеттің экономикалық мүмкіндіктерін ескере отырып, оларды аумақтар мен шаруашылық қызмет объектілері бойынша саралайды.

Жол берілетін тәуекелдерді анықтаудың негізгі міндеті экологиялық-экономикалық ресурстарды тиімді пайдалану болып табылады. Статистика қауіптердің алдын алуға (тәуекелдердің алдын алуға) жұмсалатын шығындар олардың салдарын жоюға жұмсалатын шығындардан аз, яғни залал (тәуекелдер) аз екенін дәлелдеді. Бұл ретте зардаптарды жоюға үлкен қаражат шұғыл бөлінеді. Рұқсат етілген тәуекелдердің қатаң стандартын белгілеу қауіпті үрдістердің тәуекелімен байланысты шығындарды азайтуға түрткі болатыны анық. [39]

ТЖК-дегі апаттардың нақты орнын, уақытын және ауқымын алдын-ала болжау мүмкін емес. Алайда, нақты шамаларды дұрыс бағалау экологиялық-экономикалық залал ТЖК оңтайлы жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін ғана емес, экономиканың барлық салаларында да: өңірлік экономиканың жалпы экономикалық тиімділігін бағалау үшін, барлық түрдегі инвестициялық жобаларды, оның ішінде табиғатты қорғау мақсатындағы жобаларды іріктеу үшін, экологиялық сақтандыру қағидаттарын іске асыру үшін және т.б. қажет [35-37], [39].

1.3 Бірінші бөлім бойынша қорытынды

Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімі алынған нәтижелер:

- ТЖК-дегі апаттық жағдайларды жою жұмыстарын басқару мәселелері бойынша қауіпті жүктерді тасымалдау барысында экологиялық қауіпсіздік қамтамасыз етуге қатысты зерттеулерге шолу жасалып, талдау жүргізілді;

- ТЖК-де экологиялық қауіпсіздікті бағалауда зияткерлік және автоматтандырылған инновациялық технологияларды пайдалану қажеттілігі негізделді;

- ТЖК-дегі апаттардың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау үшін әдістер мен модельдерге талдау жүргізілді

және осындай апаттардың экологиялық және экономикалық салдарын бағалауға әсер ететін себеп-салдарлық байланыстарды ескере отырып, ТЖК-дегі апаттардың салдарын жоюда экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау технологияларын дамыту бойынша міндеттердің басымдығы көрсетілді;

- теміржол көлігіндегі апат салдарын жою барысында экологиялық қауіпсіздікті бағалауда, сондай-ақ апаттың салдарын зияткерлік талдау, апат орнындағы экологиялық қауіпті бағалау және оларды жою бойынша тиісті бөлімшелердің басшыларына жедел ұсынымдар әзірлеу үшін модульдік аппараттық-бағдарламалық кешенді іске асыру қажеттілігі негізделді.

Бұл бөлім [38], [39] жұмыстарында қарастырылған.

2 ҚАУІПТІ ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУДА ТЕМІРЖОЛДАҒЫ АПАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРҒА ӘРЕКЕТ ЕТУДІ БАСҚАРУДЫҢ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ САЛДАРЛАРЫН ЖОЮ БАРЫСЫНДА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ БАҒАЛАУДЫҢ ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ

ҚЖ-мен теміржолдағы апаттық жағдайлардың (ТЖ АЖ) салдарларын жою (болдырмау) бірқатар іс-шараларды мүмкіндігінше қысқа мерзімде жүргізуді қажет ететін бір-бірімен өзара байланысты үрдістер тізбегі болып табылады. Бұл үрдістер адамдарға төніп тұрған түрлі қауіп-қатерлердің алдын алу, ҚО-ны қорғау, жүктерді, жылжымалы құрам (ЖҚ), ТЖ инфрақұрылымы объектілерін сақтау, пойыздар қозғалысын қалпына келтіру, маневрлік жұмысты қайта бастау және т.б. міндеттерді орындауға бағытталған. Осы іс-шараларды орындауда қажетті түрлі ресурстарды тиімді қолдану да маңызды. Сонымен, пойыздардың қозғалысын қалпына келтірудің (көлік жүйесінің жұмыс қабілеттілігі) реттелген мерзімдері мен ҚЖ тасымалдау барысында қажетті ресурстары ТЖ АЖ салдарын жою жүйесінің тиімділігінің өлшемшарттары болып табылады.

2.1. Экологиялық залалмен бірге жүретін теміржолдағы апаттық жағдайларға әрекет ету ерекшеліктері

ТЖ АЖ-ға әрекет ету, әдетте, локомотив машинисінен немесе оның көмекшісінен осындай жағдайдың сипаты, зардап шеккендердің болуы, жүктің атауы, оның саны және т.б. туралы ақпарат алудан басталады [5, 15-18 -беттер].

ТЖК-де қабылданған хабарлау сызбасына сәйкес қатысушы лауазымды адамдар көлік оқиғасы туралы деректерді нақтылайды және темір жолдың басшы құрамына тиісті ақпаратты ұсынады. [60]

Апаттық жағдайға әрекет ету жөніндегі жедел басшылық үшін жедел басқару штабтары (ЖБШ) құрылады [14, 101-120 -б.].

Қолданыстағы нормативтік құжаттарда ТЖ АЖ басталуы туралы хабарлау тәртібі ғана көзделгенін атап өткен жөн. Бірақ мұндай жағдайларға әрекет ету тәртібі анықталмаған. Бұл жағдайды мұндай жағдайлардың сипаты, ауқымы жағынан да, әрекет ету тәсілдерімен де әртүрлі болатындығымен түсіндіруге болады. Алайда, оларға әрекет ету тәсілдерін типтеу, белгілі бір жіктеу қажеттілігі өте өзекті болып отыр. Жоғарыда жазылғандарға байланысты ТЖ АЖ -ға әрекет етуді ұйымдастырудың тұжырымдамалық сызбасы ұсынылды, атап айтқанда, ҚО-ға келтірілген залалмен бірге жүреді (Сурет2.1).

ТЖК-де ЖБШ жұмыс істеу тәжірибесін зерделеу [9, 87-90-б.] мұндай басқару органының жұмыс істеу тиімділігі толығымен оның қызметкерлерінің дайындық деңгейіне, тиісті математикалық және бағдарламалық қамтамасыз етумен қажетті байланыс құралдары мен есептеу техникасының болуына байланысты екенін дәлелдейді.

Осы математикалық және бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен жүргізілген ТЖ АЖ даму болжамының негізінде, атап айтқанда, пойыздардың, әсіресе ҚО үшін қауіп төндіретін ҚЖ-мен пойыздардың оңтайлы жүру бағыты айқындалады. Сондай-ақ, ТЖ-дағы апаттың салдарын жою жөніндегі іс-шараларды жүргізуге бағытталған күштер мен құралдардың қажетті саны есептеледі. Қажет болған жағдайда таратуға қатысқан ведомстволардың бөлімшелерімен өзара іс-қимыл ұйымдастырылады, мысалы, ҚР Экология және табиғи ресурстар министрлігі, ҚР Қорғаныс Министрлігі және т.б.

Жол жүру маршруттары мен экологиялық ҚЖ тасымалдау технологиялары ықтимал зақымдану аймағында ҚЖ болу уақытын барынша азайтатындар таңдалатыны анық.

Табысты жою іс-шараларын жүргізу үшін қажетті және жұмылдырылған тиісті бөлімшелердің тізбесі айқындалғаннан кейін оларды көлік оқиғасы немесе апат орын алған жерге шоғырландыру жүзеге асырылады.

Күштер мен құралдардың шоғырлану жылдамдығы, көбінесе, ТЖК желілерінде ТЖ АЖ-ға тұрақты жедел әрекет ету дайындығы бөлімшелерінің орналасу оңтайлылығына, сондай-ақ мұндай бөлімшелерді тиімді арнайы техникамен, жабдықтармен, керек жарақтармен және қорғаныш құралдарымен қамтамасыз етуге байланысты.

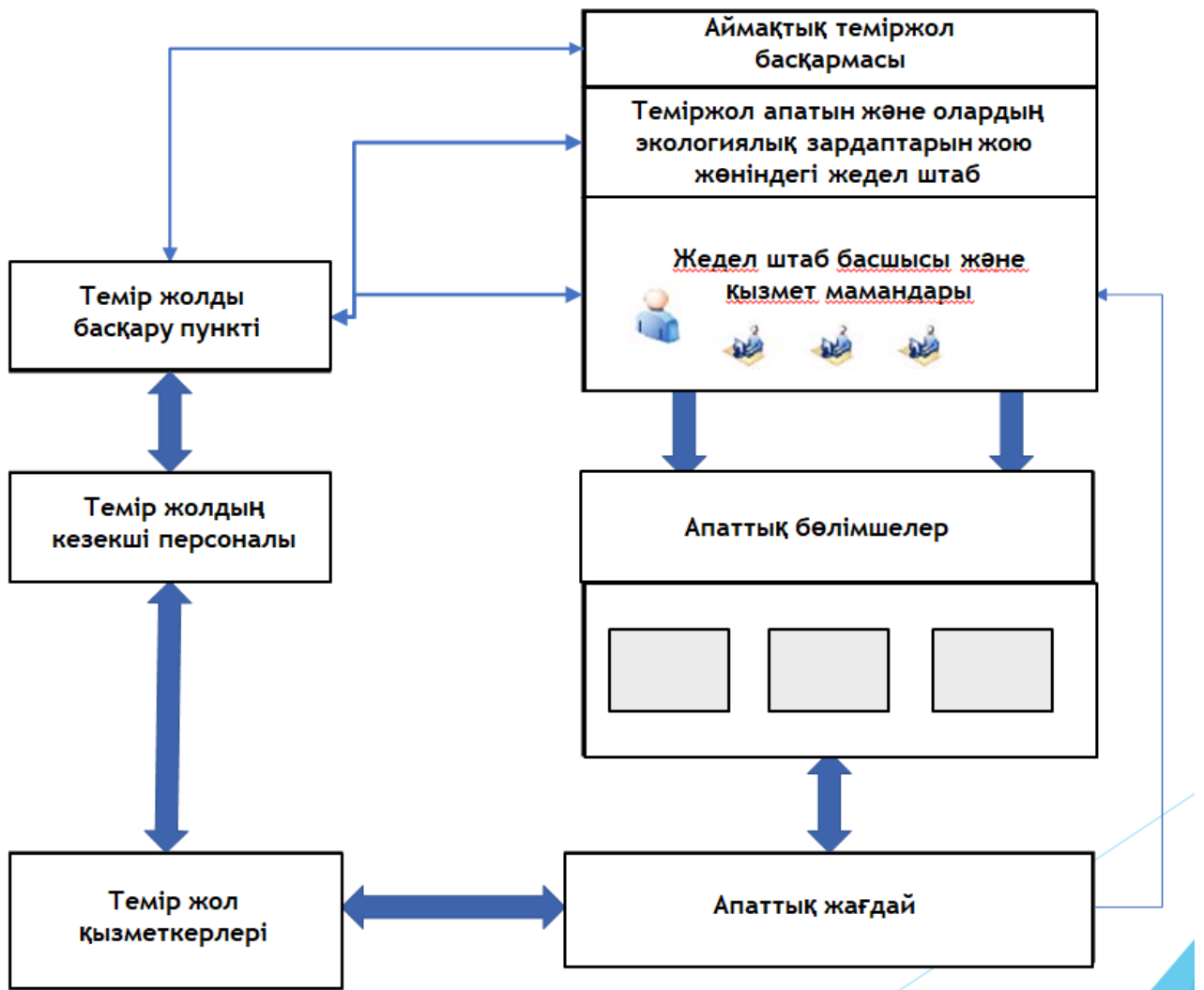
Жедел әрекет ету бөлімшелерінің ҚО үшін экологиялық зардап қауіпімен қатар жүретін апаттардың салдарын жою міндеттерін орындауға дайындығы техниканың жарамдылығымен және жеке құрамның арнайы даярлық деңгейімен, сондай-ақ тиісті материалдық-техникалық қамтамасыз етумен (МТҚ) айқындалады.

ТЖ АЖ оқшаулау және олардың салдарын жою жөніндегі іс-шараларды жүргізу қалыптасқан жағдайды мониторингілеуді, барлық белгіленген қауіпсіздік шараларын ескере отырып, тиімді іс-қимыл тәсілдерін таңдауды көздейді.

Іс-шаралардың сәтті жүргізілуіне бөлімшелердің жеке құраммен және техникамен жасақталуы да әсер етеді. [60]

ҚО үшін қауіп-қатермен қатар жүретін ҚЖ-ден болатын апаттық жағдайдың салдарын жоюды басқарудың ұсынылған сызбасын қарастырайық (Сурет 2.2), оны әмбебап деп санауға болады, өйткені ол ТЖ АЖ алдын ала типтеуді және оларға әрекет ету тәсілдерін ескереді.

Төтенше жағдай туындаған жерде қалыптасқан ахуал туралы ақпаратты жинау және жағдайды бағалаудың ерекшелігі бұл үрдістер уақыт тапшылығы, табиғи ортаға кері әсердің үздіксіз өсуі және пойыздардың қозғалыс кестесін бұзудан болған шығындар, адамдарға қауіп төнуі, жүктің, ЖҚ және теміржол (ТЖ) инфрақұрылымы объектілерінің жай-күйі және сол сияқты туралы ақпараттың жеткіліксіздігі жағдайында жүзеге асырылады. [39]



Сурет 2.2 – ҚО үшін қауіп-қатермен қатар жүретін ҚЖ-мен апаттық жағдайдың зардаптарын жоюды басқару сызбасы [9]

Ұтымды және уақтылы шешімді әзірлеуге байланысты міндеттерді тиімді шешу үшін ЖБШ басшысының нақты құрылған басқару жүйесінің болуы, заманауи ақпараттық технологияларды, оның ішінде шешім қабылдауды қолдау зияткерлік жүйелерін (ШҚҚЗЖ) пайдалана отырып, ЖБШ жұмысын ғылыми негізде ұйымдастыруы қажет. [39]

ЖБШ қызметінің көптеген сипаты болады, онда МТҚ, адами және басқа ресурстарды ескеру, байланыс, хабарлау және ақпараттық қамтамасыз ету құралдарын қолдану қажет.

ЖБШ құрамына әртүрлі ТЖ қызметіндегі мамандар, апаттық жағдайлар, азаматтық қорғау, денсаулық сақтау мәселелері бойынша аумақтық қызметтердің арнайы өкілдері, күштері мен құралдары апаттық жағдайдың

салдарын жою жөнінде шаралар қабылдауға тартылатын кәсіпорындардың, министрліктер мен ведомстволардың арнайы өкілдері кіреді.

Осы мамандардың және жекелеген құрылымдық бөлімшелердегі арнайы өкілдердің әрқайсысының ортақ міндет аясында өздерінің жекелеген қосалқы міндеттері болады, сондықтан ЖБШ басшысының алдында тараптардың мүдделерін келісу есебінен ЖБШ қызметін үйлестіру өзекті мәселесі туындайды. Бұл мәселе практикалық тұрғыдан жанжалды жағдайларға дейін өте өткір, бірақ оның ғылыми-әдістемелік аспектісі терең және әлі де жеткілікті зерттелмеген.

Ғылыми-әдістемелік тұрғыдан алғанда, үйлестіру тәсілі үйлестіруші мен орындаушылар арасындағы өзара қатынастарды реттейтін ережені білдіреді. Үйлестіруді басқарудың негізгі бес тәсілі бар [40, 41]:

- 1) қайшылықтарды болжау;
- 2) даулы өзара қатынастарды тікелей реттеу;
- 3) қайшылықтарды шешу;
- 4) жауапкершілікте болу;
- 5) коалициялар құру.

Төтенше жағдайларда, әдетте, тікелей реттеу арқылы үйлестіру болады.

Үйлестірудің әр тәсілі аясында ерекше ықтимал модификациялар формальды ғана емес, сонымен қатар мағыналық белгілермен де ерекшеленеді. Атап айтқанда, мақсатты, ресурсты, уақытша, кеңістіктік үйлестіруді, сондай-ақ әсер ету объектілеріндегі үйлестіруді және бұл ретте орындалатын іс-қимылды үйлестіруді ажыратады.

Біріктіре отырып, бұл модификациялар үйлестіруді жүзеге асырудың көптеген ықтимал нұсқаларын құрайды.

Көптеген зерттеулер экстремалды, қарама-қайшы (жанжалды) жағдайларда шешім қабылдау үрдістерін зерттеуге арналған [42-51]. Барлық авторлар адамның шешім қабылдау және қабылдау үрдісі бірнеше кезеңнен тұратындығымен келіседі. Бірінші кезең, факторизация кезеңі, онда жағдайдың негізгі, анықтайтын белгілері (факторлары) ерекшеленеді. Мұндай факторлардың жетіспеушілігі шешім қабылдаушы адамның (ШҚА) тәжірибесімен өтелуі мүмкін. Екінші кезеңде жағдайды тану факторларды бір-бірімен және бұрын белгілі болған жағдайлардың факторларымен салыстыру арқылы немесе жаңа факторларды салыстыруға мүмкіндік беретін түрге айналдыру арқылы жүзеге асырылады. Үшінші кезең – жағдайды болжаумен және факторлардың өзгеру барысын болжау негізінде шешім қабылдаумен байланысты. Төртінші кезең – тұжырымдамалық өлшемшарттар негізінде шешім нұсқаларын әзірлеу және бағалау. Соңғы кезең – шешім қабылдау кезеңі, қабылданған өлшемшарттарды басқаларға қарағанда жақсы қанағаттандыратын бірнеше бәсекелес нұсқалардың бірін таңдау.

Осы кезеңдердің барлығы бірнеше рет қайталанады, факторлар қайтадан ерекшеленеді, олардың комбинациясы әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады, жаңа шешімдер шығарылады және ескі шешімдер қабылданбайды, яғни шешімді әзірлеу үрдісі итеративті болып табылады.

ТЖ АЖ басталуының нәтижесінде туындайтын жағдайлар оларда оңтайлылық ұғымын дұрыс анықтау мүмкін еместігімен ғана емес, сонымен қатар ауызша деңгейде оқиғаның жеткілікті толық моделін белгілеуімен де сипатталады. Шын мәнінде, кез келген жаңа жүйелік өзекті мәселе үшін кез келген модельдің болмауы тән. Өзекті мәселені шешкеннен кейін ғана оңтайлылық өлшемшарттарының болуы туралы айтуға болатындығын байқаймыз.

ТЖ АЖ жоюға және оның салдарын болдырмауға байланысты өзекті мәселені шешудің оңтайлы нұсқасының шарттылығы кез келген басқа маңызды практикалық өзекті мәселе сияқты, жалпыға бірдей танылған факт болып табылады. Бұл оны негіздеу кезінде ескерілмеген жағдайларды үнемі табуға болатындығына байланысты. Яғни, мұндай оңтайлылықтың шарттылығын көрсетуге мүмкіндік жоқ. Осының негізінде бұл нұсқа нақты мәселені оңтайландырылған математикалық есептерге дейін азайтуға мүмкіндік беретін бірқатар шектеулер мен болжамдар орындалған жағдайда оңтайлы деп анықталады деген қорытынды жасауға болады.

Әрине, әдісті өзгертуге және бірқатар шектеулер мен болжамдарды алып тастауға болады, бірақ содан кейін бірқатар жаңа, ескерілмеген жағдайлар туындайды. Мұндай үрдісті әрдайым шартты оңтайлылықты көрсете отырып, шексіз қайталауға болады. Айта кету керек, практикалық қызметте шартты оңтайлылық жалған шешімдер мен әрекеттер түрінде көрінеді.

Дәстүрлі түрде практикалық мәселелерді шешуге оңтайлы көзқарастың барлық мәселелері оңтайландырудың математикалық әдістерінің дамуымен байланысты немесе зерттеу объектісінің математикалық моделінің жеткіліксіздігімен байланысты деп есептелді. Бірақ бұл математика туралы да, модельдеу әдістері туралы да емес, негізінен: адамның іс-әрекетінде оңтайлы (абсолютті дұрыс) шешімдер жоқ, керісінше-шешілмейтін өзекті мәселелер жоқ (мүлдем тығырыққа тірелген жағдайлар).

Жүйелік талдау теориясының негізгі постулаттары кез келген табиғат мәселелерін шешудің оңтайлы, абсолютті жақсы нұсқасының болмауынан туындайды. Осылайша, белгілі бір жаһандық оптимумды іздеудің нәтижесіз әрекеттерінің орнына, мәселені шешудің нақты қолайлы (компромиссті) нұсқасын интерактивті іздеу ұсынылады. Осылайша, мүмкін болатын нәтиже үшін қалаған нәтижеге қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда мүмкін болатын нәтиженің шекарасын қалаған нәтижеге қол жеткізуге деген ұмтылыс арқылы едәуір кеңейтуге болады.

Осылайша, артықшылықтардың ситуациялық өлшемшарттарын, яғни шығыс параметрлері болып табылмайтын, бірақ мәселені шешу үрдісінде жасалынатын өлшемшарттарды қолдану көзделеді.

Сонымен қатар, жүйелік талдау әдістері аясында мәселенің мәніне оңтайландыруға таза математикалық тәсіл әдістеріне басымдық беріледі. Яғни, мұнда математикалық оңтайландыру жеке, жақсы құрылымдалған есептерді шешудің жұмыс құралы ретінде қолданылуы керек [40, 150-154 -б].

Адамның күрделі мәселелерді шешудегі әлемдік тәжірибесі оның интуицияны басшылыққа ала отырып, яғни логикалық және басқа негіздемелерді қолданбай, өте күрделі және жауапты шешімдер қабылдауға қабілетті екендігін көрсетеді. Бұл жағдайда жүйені талдаудың теориясы мен жеке әдістері интуитивті шешім іздеу әрекетінің стимуляторлары және оған қажетті бастапқы деректерді жеткізушілер ретінде пайдалы болуы мүмкін.

Қауіпті апаттық жағдайдың салдарын жоюды басқаруды жүзеге асыру үшін қолданылатын механизмдерге байланысты (оның ішінде экология үшін салдары бар) шешім нұсқаларын әзірлеудің келесі сызбалары ажыратылады [42, 120-142б.]:

- әдеттегі жағдайда қабылданатын шешімдердің біреуінің жарамдылығын тексеру. Типтік жағдайларда, кем дегенде, бірінші сәтте типтік шешім жалғыз дұрыс екенін ескермеуге болмайды. Құндылық теориясындағы казуистік сәттерді ескере отырып, шешімнің мәні уақытқа тәуелді емес, өйткені бұрын болған жағдайларды қарастырған кезде қазіргі жағдайға ұқсас жағдай болады. Өткен жағдайда қабылданған шешімді қазір де қабылдауға болады;

- стереотиптік элементтер бойынша шешім синтезі. Бұл сызбаны қолдану жаңа жағдай қаншалықты күрделі болса да, оның әрқашан белгілі мәселелердің кейбір құрамдас бөліктері бар екенін түсінуге негізделген. Бұл кейде жаңалықтың ескі мәселелерді біріктіруінде болатындығынан туындайды. Жаңа шешім біріктірілген шешімдердің құрамдас бөліктері Тәуелсіздік сынағынан өтуі керек: олардың әрқайсысының жеке қалай жұмыс істейтінін және оларға не жетіспейтінін анықтау қажет. Мұндай компоненттерді басқа компоненттерден алынған элементтермен толықтыра отырып, жаңа шешім синтезделеді.

Шешімді қалыптастыру процедурасы бастапқы таңдауды қамтиды, шешім компоненті, олардың әрқайсысы жалпы мәселенің ішкі мәселелерінің бір бөлігін шешеді.

Компонентті іріктеудің дайындық кезеңі компоненттердің қосымша және сәйкес келмейтін топтарын құрумен аяқталады. Ұтымды идеяны ұсынуға болатын компоненттер ерекше назар аударуға тұрарлық, ол үшін үйлесімсіздіктің мәні мен себептері қарастырылады, уақыт пен жағдайға талдау жасалады, үйлесімсіздікті тудыратын факторлар бар және оларды жою жүзеге асырылады. Үйлесімсіздікті жоюға, олардың жағдайдың жүйелік моделіндегі рөлі мен маңыздылығын бағалауға, компоненттің өзара күшейту аймағын

анықтауға, пайдалы үрдістерді ынталандыруға және сәттілікке уәде беретін комбинацияларды таңдауға мүмкіндік беретін жағдайлар мен шарттарға назар аудару қажет;

- басқа саладан шешім табу – іргелес немесе қашықтағы. Іздеудің негізі – ассоциация. Ассоциативті ойлаудың мәні белгілі бір көріністе әртүрлі болатын үрдістердегі (оқиғалардағы) кез келген белгінің (белгілер тобының) ұқсастығын, ұйқастығын, жақындығын (төзімділігін) анықтау болып табылады. Ассоциацияларды құру үрдісі маңызды белгілерді бөліп көрсетуден және салыстырудан тұрады. Ұқсастық болған кезде гетерогенді объектілердің немесе құбылыстардың мәнінің белгілі бір шегін көрсететін белгілер тобы бойынша бағалау жасалады. Осыдан кейін шешімнің негізі болуы мүмкін факторларды таңдау үшін белгілердің ұқсастығы қолданылады. Кейде ассоциация пайда болуы үшін бір тән белгіні табу жеткілікті;

- әрқайсысы Ассоциация бойынша құрылған элементтер шешімінің синтезі. Тәсілдің мазмұны шешім үшін материал беретін элементтерді қамтитын әртүрлі құбылыстардың (объектілердің, үрдістердің) белгілі бір белгісін анықтаудан тұрады және әр құбылыс жағдайға бір белгімен (белгілер тобымен) ұқсастығы болуы керек;

- шешімді дамытудың эволюциялық тәсілі. Мұндай тәсілде басқа диалектикалық қарама-қайшылыққа ие мәселені қарапайым түсіндіруге жақын шешудің негізгі нұсқасы жоғарыда аталған тәсілдердің бірі қолданылады. Базалық нұсқаны жетілдіру оның біртіндеп (эволюциялық) немесе секіру (мутациялық) өзгеруі арқылы жүзеге асырылады: қосымша элементтерді құру, қажетсіз немесе зиянды элементтерді кесу, ассоциацияларға негізделген болашаққа әсері бар факторларды дамыту. Мақсатты эволюция мен мутацияның нәтижесінде гипотезаға жету мүмкіндігі мәселені шешеді;

- жаңа идеяға негізделген түпнұсқа, түбегейлі жаңа шешім табу.

Жоғарыда келтірілген тәсілдерге қысқаша шолу [45, 74б., 46, 534б.] басқару шешімін өңдеуге, ТЖ салдарын жоюдың нақты жағдайларында АЖ шешімнің оңтайлылығының белгілі бір өлшемшарттары біржола болмауы мүмкін, бірақ тек ситуациялық болуы мүмкін, оны шешім қабылдаушы басшылыққа алуы керек.

Іс жүзінде бұл келесідей болады: алынған ақпарат негізінде жедел штаб қалыптасқан жағдайды бағалауды жүзеге асырады. Бұдан әрі мұндай жағдайды дамытудың ең ықтимал нұсқасы, оның соңғы жағдайы, қауіпті аймақтардың шекаралары болжанады, мұндай аймақтарға түскен объектілер анықталады, ТЖ АЖ, атап айтқанда, ҚО үшін зиянды салдарлармен қатар жүретін залалдарды жою үшін қажетті шараларды қабылдауға бағытталған шешім қабылданады [47, 42б., 48, 66-90 б.].

ТЖ АЖ-ға, әсіресе ҚЖ-мен ТЖ АЖ-ға тиімді әрекет ету жоспарын құру үшін одан әрі дамуды болжау үлкен рөл атқарады. Мұндай болжау үшін әртүрлі

әдістер қолданылады, олар, атап айтқанда, төтенше жағдай факторларының қауіпті әсер ету аймақтарының шекараларын анықтауға мүмкіндік береді.

ТЖК-де қауіпсіздік қағидалары мен апаттық жағдайларды жоюдың тәртібі әзірленген [49, 2006.]. Олар ҚЖ түріне байланысты апаттық жағдайлардың салдарын жою ерекшеліктеріне қарай апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу бойынша ұсыныстарды, радиоактивті ластану туындаған кезде, өрттерді сөндіру кезінде, ҚО ластануын оқшаулау, ҚЖ бейтараптандыру және газсыздандыру кезінде (қажет болған жағдайда), сондай-ақ медициналық қорғаныс пен санитарлық және эпидемиялық салауаттылықты қамтамасыз ету шараларын қабылдауды қамтиды.

Көлік инфрақұрылымы элементтерінің бұзылуына әкелген ТЖ АЖ салдарын зерттеу рельстен шығып кеткен жылжымалы құрамның жиі кездесетін жағдайларын, байланыс желісінің, байланыс құрылғыларының, жолдың жоғарғы құрылымының зақымдану түрлерін анықтауға, көліктің қалыпты жұмысын қалпына келтіру бойынша ұсынымдар әзірлеуге мүмкіндік берді [50, 56-б].

Қалпына келтіру операцияларын жүргізудің алдында апаттық жағдай туындаған учаскені тексеру, зақымдалған құрылғылар, материалдарға, механизмдерге, көлік құралдары мен жұмыс күшіне қажеттілік айқындалады, сондай-ақ қалпына келтіру жұмыстарының орнымен телефон және радиобайланыс ұйымдастырылады.

ТЖ АЖ салдарын жою жөніндегі операциялар пойыздар қозғалысының үзіліс уақытын барынша қысқартуды ескере отырып ұйымдастырылуға тиіс.

ЖҚ үйінділерінің көлемі мен сипаты, жолды қалпына келтіру, байланыс желісі, байланыс құралдары және т.б. бойынша қозғалысты қалпына келтіру уақыты анықталады. Бұл уақыт бірқатар компоненттерден тұрады. Атап айтқанда, ТЖ АЖ орнында қалыптасқан жағдайды бағалауға, қалпына келтіру операцияларын жүргізуге шешім әзірлеуге, қажетті күштер мен құралдарды жинауға және шоғырландыруға, жеке құрамның арнайы даярлық дәрежесіне, бөлімшелердің техникамен және оның жай-күйімен жарақтандырылуына және т.б. Сондықтан ақылға қонымды шешім қабылдау және апаттық-құтқару операцияларын жүргізуді тиімді ұйымдастыру және ТЖ АЖ салдарын, сондай-ақ ҚО үшін салдарларды барынша азайту үлкен маңызға ие.

Осылайша, жедел штабтың басшысы апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуді басқару пункттерінен, штабтан (мысалы, өрт сөндіру немесе мұнай өнімдерінің төгілуін жою және т.б.), апаттық-қалпына келтіру жұмыстары учаскелерінің, салдарларды жою секторлары мен учаскелерінің басшыларынан, ҚО ластануын оқшаулау, бейтараптандыру, газсыздандыру бойынша жұмыстардың, сондай-ақ олардың функционалдық мақсаттары бойынша жұмыс істейтін тиісті бөлімшелердің басшыларынан тұратын күрделі иерархиялық жүйені басқаруды жүзеге асырады.

Жоғарыда жазылғандарды ескере отырып, біздің көзқарасымыз бойынша, ТЖ АЖ-ға тиімді әрекет ету үшін, ең алдымен:

- ТЖК желісіндегі апаттық жағдайларға жедел әрекет етудің тұрақты дайындығы бөлімшелерін орналастыру оңтайлы болу қажет;

- мұндай жағдайдың дамуын болжау, апаттық жағдайды жою бойынша қажетті шешімдерді әзірлеу және жаңа жағдайларда тасымалдау үрдісін ұйымдастыру үшін жедел штаб басшысының шешім қабылдауды қолдаудың зияткерлік жүйелерін (ШҚҚЗЖ), ҚЖ-мен ТЖ АЖ дамуын мониторингілеу жүйесі болуы керек;

- мақсаты бойынша міндеттерді орындау жөніндегі тұрақты дайындық бөлімшелерінің жеке құрамын арнайы оқытуды ұйымдастыру, сондай-ақ басқа министрліктер мен ведомстволардың бөлімшелерімен бірлескен оқу-жаттығулар өткізу қажет;

- тұрақты дайындық бөлімшелерін тиімді арнайы техникамен, жабдықтармен, құрал-саймандармен, қорғаныш құралдарымен жарактандыру, сондай-ақ оларды тиісті МТҚ жүзеге асыру керек.

ТЖ АЖ жою бойынша жұмыстарды ойдағыдай жүргізуде ҚЖ сыныбын ескере отырып, дұрыс іс-қимылдарды таңдау маңызды рөл атқарады.

Экологиялық апаттармен бірге жүретін ҚЖ-мен ТЖ АЖ-н зерттеу күштер мен құралдарды тарту кезеңінде шығындардың ең көп үлесі болатындығын көрсетеді, өйткені тарту уақыты еркін даму, ауданның өсуі және осындай жағдайдың басқа параметрлері кезеңімен сәйкес келеді [51, 127-бет].

Осыған байланысты апаттық бөлімшелердің тұрақты орналасу орындарына және осындай күштер мен құралдардың жұмыс істеу өнімділігіне байланысты локализациялық іс-қимылдарын жүргізудің дұрыстығын (тиімділігін) айқындау өзекті мәселесін шешу қажеттілігі туындайды.

ШҚҚЗЖ қолдану жедел штаб басшысына ТЖ АЖ орнында қалыптасқан жағдайды талдаудың итерациялық үрдісін ақпараттық, технологиялық, аналитикалық және ұйымдастырушылық жасақтамалармен қамтамасыз етіп, шешімдер нұсқаларын дайындау мен бағалауды және ТЖ АЖ оқшаулау және оның салдарын жою бойынша қорытынды соңғы шешімді таңдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Ал бұл іс-шаралардың барлығы тиісті математикалық модельді қолданбай жүзеге асырылуы мүмкін емес.

2.2. Экологиялық қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде апаттық жағдайларға әрекет ету моделі

Жолаушылар мен жүктерді тасымалдау кезінде ТЖК сенімділігі оның жолаушылар мен жүктерді межелі жерге уақтылы және қауіпсіз жеткізуді қамтамасыз ету қабілетін жолаушылардың денсаулығы мен жүктердің тауарлық сапасын ТЖК кінәсінен нашарлатпай түсіну керек. [38]

Сенімділіктің маңызды құрамдас бөлігі темір жол көлік жүйесінің (ТЖКЖ) қауіпсіздігі болып табылады, ол ТЖ АЖ қауіпті факторларының адам денсаулығына, көлік жұмысына және ҚО әсерін азайтуға бағытталған. Бұл мәселені шешуге ТЖ АЖ оқшаулауға және олардың салдарын жоюға арналған тарату бөлімшелерінің үйлестірілген әрекеттерін жүргізу арқылы қол жеткізіледі [52-55].

ҚЖ, оның ішінде ҚО ластануына қауіп төндіретін ҚЖ тасымалдауға ерекше назар аудару керек. Бұл санатқа әртүрлі физика-химиялық және өрт-жарылыс қауіпі бар жүктерді жатқызуға болады. Мұндай жүктермен апаттық жағдайлар адамдарға, ҚО-ға, ТЖК жүктеріне және еліміздің басқа да министрліктері мен ведомстволарының объектілеріне зиянды қауіпті факторлардың әсерімен қатар жүреді. Мұндай жағдайларға мыналар жатады: жарылыстар, өрттер, қатты жүктердің шашылуы, сұйық жүктердің төгілуі және ТЖК тасымалданатын газ тәрізді қауіпті заттардың атмосфераға шығарылуы.

Басқаша айтқанда, ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖК сенімділігін оның белгілі бір уақыт кезеңдерінде адамдарға, ҚО, ТЖК жүктері мен объектілеріне зиянды қауіпті факторлардың әсерімен бірге ТЖ АЖ-дан кейін өзінің қауіпсіз жұмысын қалпына келтіру мүмкіндігі ретінде түсіндіруге болады.

Мұндай тасымалдардың қауіпсіздігі мен сенімділігі мәселелерін зерттеуге көптеген ғылыми еңбектер, соның ішінде осы мәселелердің тиісті теориялық модельдері мен жекелеген практикалық аспектілерін қарастырған [51, 130-б., 52, 120-140-б., 53, 34-б.] жұмыстар да арналған.

ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖКЖ жұмыс істеуі мен жай-күйінің көрсетілген графикалық моделі (Сурет 2.3) кейіннен тиісті математикалық модельдерді құру үшін пайдаланылатын болады [51, 127-б., 53, 34 -б.].

Модель ҚЖ ағып кетуімен (мысалы, теміржол цистернасынан ішіндегісінің төгілуі) және ТЖ АЖ оқшаулауға және оның салдарын, оның ішінде ҚО тигізер салдарын жоюға жауапты бөлімшелердің осындай жағдайға жауап беруімен байланысты жалпы апаттық жағдайды көрсетеді.

Көрсетілген (Сурет 2.3) шартты белгілер ([51, 128-б., 55, 163-б.] жұмыстарды ескере отырып):

t_{SA} – ТЖ АЖ туралы бастапқы ақпаратты бағалау уақыты, жою бөлімшелерінің тізбесін анықтау, оларды кетуге дайындау (жауынгерлік есептерді жинау, ЖҚ тексеру, локомотивтерді беру және т.б.);

t_{TT} – жою бөлімшелерінің ТЖ АЖ орнына қозғалыс уақыты;

t_{RC} – ТЖ АЖ орнында барлау жүргізу, жұмыстарды жүргізу кезектілігін айқындау, жою бөлімшелерін өрістету уақыты;

t_{LE} – ТЖ АЖ оқшаулау уақыты;

t_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жою уақыты;

t_{DF} – ТЖ АЖ қауіпті факторларының қолданылуын тоқтату уақыты;

t_{CF} – ТЖ АЖ таратушыларының күштері мен құралдарын шоғырландыру уақыты;

t_{CR} – уақыттың «сыни белгісі»;

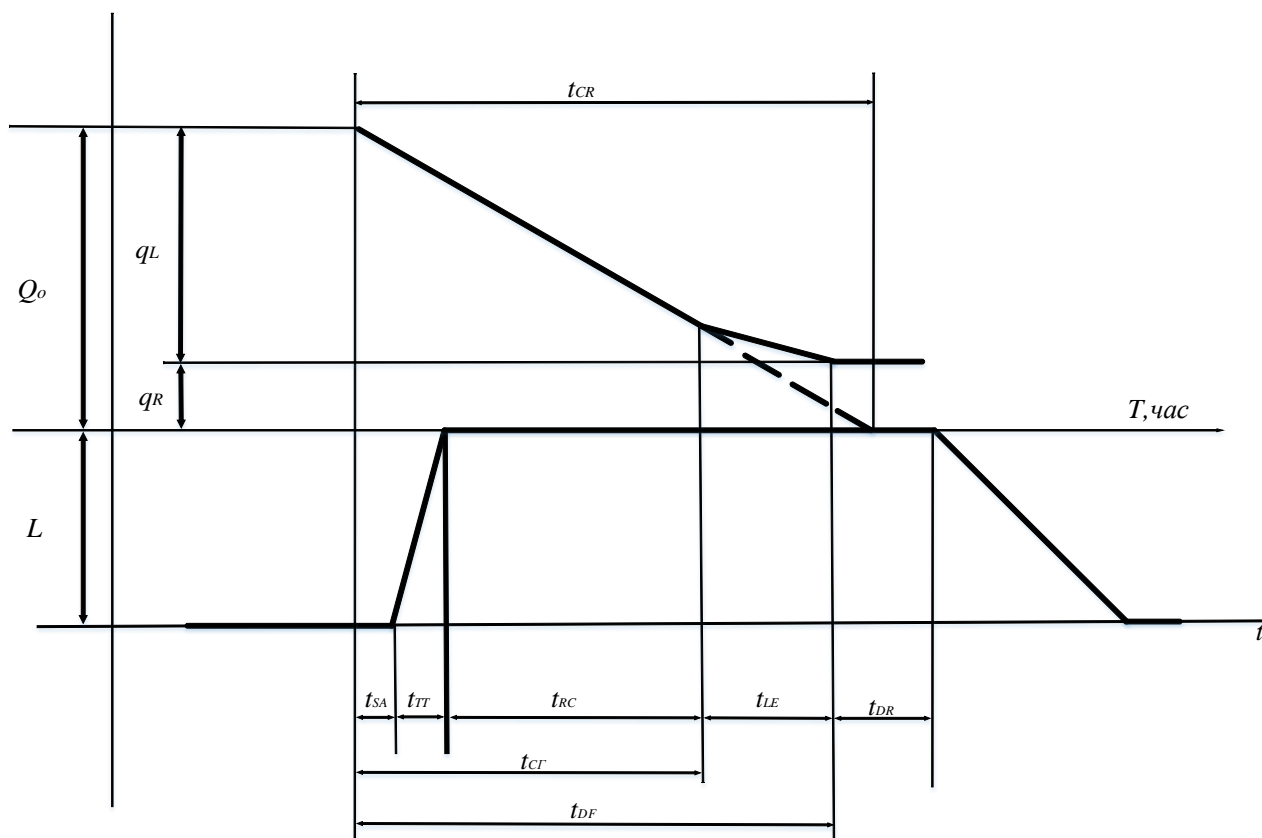
L – жою бөлімшелерінің тұрақты орналасқан жерлерінен ТЖ АЖ орнына дейінгі арақашықтық;

V – тарату бөлімшелерінің қозғалыс жылдамдығы;

Q_0 – жүктің бастапқы салмағы;

q_L – жүктің жоғалуы;

q_R – жүк қалдықтары. [58]



Сурет 2.3 – Есептеу моделіне арналған сызба [51]

Уақыттың «сыни белгісі» деген ұғым – бұл, егер қолданыстағы нормативтік құжаттарға сәйкес жою шаралары жүргізілмесе, жүктің толық жоғалуы (жойылуы) болатын уақыт [50].

ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖКЖ жай-күйін анықтаймыз:

S_1 – ТЖ АЖ басталғанға дейін ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеу жағдайы (t_{SS} ұзақтығы);

S_2 – ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету жағдайы (t_{DF} ұзақтығы). Бұл жағдай қауіпті факторлар ағынының «көзі» жойылған кезде тоқтайды (мысалы, барлық жүктер ТЖ АЖ жою үшін күштер мен құралдар келгенге дейін жанып кетеді немесе буланып кетеді. Демек, ТЖ АЖ таратушыларының күштері мен құралдарының шоғырлану уақыты осы төтенше жағдай үшін «сыни белгіден» артық. Бұл $0 < t_{CR} < t_{CF}$ шартына сәйкес келеді. Немесе, егер уақыттың «сыни аралығы» аяқталғанға дейін ТЖ АЖ орнына қажетті күштер мен құралдар келсе, апаттарды оқшаулау басталады, яғни $0 < t_{CF} < t_{CR}$.

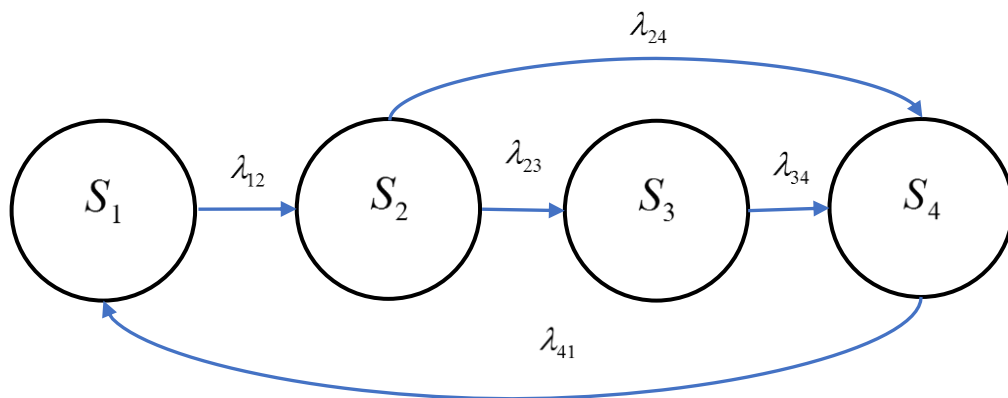
Сурет 2.3 мынаны көруге болады:

$$t_{CF} = t_{SA} + t_{TT} + t_{RC} = t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{CR};$$

S_3 – ТЖ АЖ жою жағдайы, оның жұмысының ұзақтығына байланысты, t_{LE} ұзақтығы алдымен жүктің жоғалуын (t_{SL} ұзақтығын) тоқтату үшін, ал содан кейін жүктің қалдықтарын қорғау үшін, егер ол ішінара жоғалған болса (t_{QCR} ұзақтығы), яғни $t_{LE} = t_{SL} + t_{QCR}$;

S_4 – ТЖ АЖ салдарын жоюдың жай-күйі t_{DR} ұзақтығымен, бұл үшін қанша жұмыс істеу керек екеніне байланысты. [58]

ТЖКЖ жұмыс істеу сызбасын жағдай бағаны түрінде ұсынамыз. Көрсетілген дискретті күйлері және үздіксіз уақыты бар Марков кездейсоқ үрдісінің сызбасы ретінде ҚЖ тасымалдау кезіндегі ТЖКЖ жағдайының бағанын қараймыз (Сурет 2.4).



Сурет 2.4 – ҚЖ тасымалдау кезіндегі ТЖКЖ жағдайының бағаны

Сонда мұндай баған үшін Колмогоров теңдеулер жүйесі келесі түрде болады:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -\lambda_{12} \cdot P_1 + \lambda_{41} \cdot P_4, \\ \frac{dP_2}{dt} = -(\lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot P_2 + \lambda_{12} \cdot P_1, \\ \frac{dP_3}{dt} = -\lambda_{34} \cdot P_3 + \lambda_{23} \cdot P_2, \\ \frac{dP_4}{dt} = -\lambda_{41} \cdot P_4 + \lambda_{34} \cdot P_3, \end{cases} \quad (2.1)$$

мұндағы λ_{ij} – жағдай бағанындағы тиісті оқиғалардың қарқындылығы (Сурет 2.4);

P_i – жүйенің i – күйге өту ықтималдығы,

Бастапқы шарттар: $t = 0, P_1 = 1, P_2 = P_3 = P_4 = 0$.

Белгіленген режим үшін жүйе жағдайларының соңғы ықтималдық теңдеулер жүйесі келесідей болады:

$$\begin{cases} \lambda_{12} \cdot p_1 = \lambda_{41} \cdot p_4, \\ (\lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot p_2 = \lambda_{12} \cdot p_1, \\ \lambda_{34} \cdot p_3 = \lambda_{23} \cdot p_2, \\ \lambda_{41} \cdot p_4 = \lambda_{34} \cdot p_3, \end{cases} \quad (2.2)$$

Мынадай шарттар болғанда: $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$.

Жүйенің (2.2) соңғы теңдеуінде p_2, p_3, p_4 ықтималдықтардың орнына олардың өрнектерін p_1 ықтималдық арқылы және жүйенің (2.2) алғашқы төрт теңдеуінде болатын, сәйкес келетін λ_{ij} оқиғалар ағындарының қарқындылығы арқылы алмастырамыз. Нәтижесінде теңдеулер аламыз (2.3):

$$p_1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23} + \lambda_{24}} \cdot p_1 + \frac{\lambda_{23}}{\lambda_{34}} \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23} + \lambda_{24}} \cdot p_1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{41}} \cdot p_1 = 1. \quad (2.3)$$

Оқиғалардың тиісті λ_{ij} ағындарының қарқындылығы (Сурет 2.4) келтірілген модельдің жоғарыда келтірілген технологиялық уақытша параметрлер арқылы көрсетілуі керек:

$$\lambda_{12} = \frac{1}{t_{SS}}; \quad (2.4)$$

$$\lambda_{23} \cdot \frac{1}{t_{CF}} = \frac{1}{t_{SA} + t_{TT} + t_{RC}} = \frac{1}{t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{RC}}; \quad (2.5)$$

$$\lambda_{24} = \frac{1}{t_{CR} + t_{CF}}; \quad (2.6)$$

$$\lambda_{34} = \frac{1}{t_{LE}} = \frac{1}{t_{SL} + t_{QCR}}; \quad (2.7)$$

$$\lambda_{41} = \frac{1}{t_{DR}}, \quad (2.8)$$

(2.3) теңдеуден p_1 түбірді табу оңай, ал (2.4)-(2.8) формулаларынан λ_{ij} мәнді алмастыра отырып, (2.9) формуласын аламыз, оған сәйкес p_{SS} ТЖКЖ қауіпсіз және сенімді жұмыс істеу ықтималдығын есептеуге болады (оның ішінде t_{SS} уақыт бойынша апаттық жағдайлар болмайды, ал олардың салдары $t_{SL} + t_{QCR} + t_{DR}$ уақыт ішінде оқшауланады және жойылады:

$$p_{SS} = p_1 = \frac{t_{SS}}{t_{SS} + \left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}} \right) \cdot (t_{CF} + t_{LF}) + t_{DR}}. \quad (2.9)$$

(2.9) формуласын талдау оған кіретін барлық айнымалылардың p_1 мәнге әсер ету сипатын дұрыс көрсететіндігін көрсетеді. [58]

(2.9) формуласы жеке талдауды қажет ететін $\left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}} \right)$ шамалар кешенін қамтиды, өйткені оның құрамында екі шама бар, олардың біреуі ТЖКЖ субъектісінің еркіне толығымен тәуелсіз – t_{CR} . Екіншісі оларға мақсатты түрде өзгертілуі мүмкін – t_{CF} . Сонымен қатар, олардың екеуі де ТЖКЖ сенімділігіне әсер етуі мүмкін. Бұл талдау нәтижелері Кесте 2.1 және Сурет 2.5 келтірілген есептеулер арқылы жүзеге асырылады.

Кесте 2.1– $\left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}} \right)$ кешеннің ТЖКЖ параметрлеріне әсерін талдау

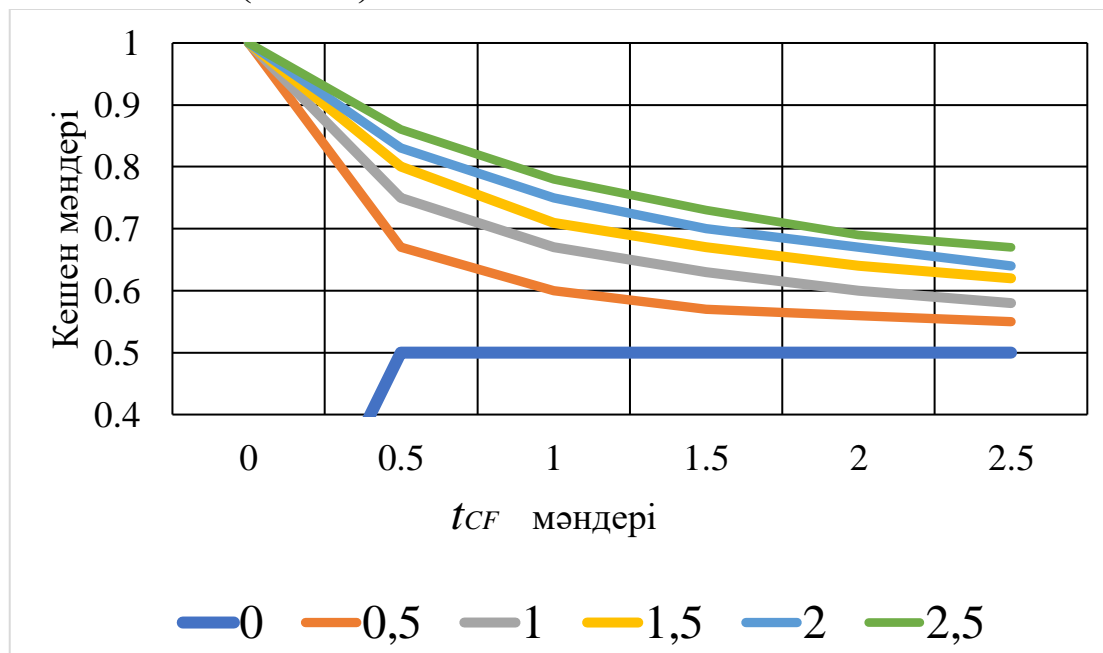
$t_{CR}, \text{ ч}$	$t_{CF}, \text{ ч}$					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
0,0		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	1,0	0,67	0,6	0,57	0,56	0,55
1,0	1,0	0,75	0,67	0,63	0,6	0,58
1,5	1,0	0,8	0,71	0,67	0,64	0,62
2,0	1,0	0,83	0,75	0,7	0,67	0,64
2,5	1,0	0,86	0,78	0,73	0,69	0,67

Кесте 2.1 және Сурет 2.5 екі айнымалының (t_{CR} және t_{CF}) нөлдік мәндерінде функция анықталмағанын көрсетеді (0-ге бөлу). $t_{CR} = 0$ кезінде және $t_{CF} > 0$ жою күштері мен құралдарының шоғырлану ұзақтығының кез келген мәндерінде (іс жүзінде – бұл ҚЖ лезде жоғалуы, мысалы, жою күштері мен құралдарының пайдасынан әлдеқайда жылдам аяқталған жарылыс салдарынан) кешеннің $\left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}}\right)$ мәні әрқашан 0,5-ке тең екендігіне назар аударады. Айнымалылардың ($t_{CR} = 0$ $t_{CF} > 0$ лардың) мұндай тіркесімі белгілі бір нақты жағдайларға сәйкес келуі мүмкін, мысалы, жүктің физикалық-химиялық қасиеттері бойынша төтенше жағдай орнында өзгермейтін күйде болу уақыты өте қысқа болған жағдайда (цистернаның төгілуі, өртенуі (бірақ жүк емес) және т.б.) «шыдамсыз жүк» деп аталатындар [44, 170-б.], [58].

Бірақ қарама-қарсы жағдай, $t_{CR} > 0$ және $t_{CF} = 0$ болғанда, яғни жою күштері мен құралдары бірден келгенде, «жедел жәрдем» жағдайына сәйкес келеді. Бұл жағдайда кешеннің мәні $\left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}}\right) = 1.0$.

Осылайша, «шыдамсыз жүк» жағдайында біз мынадай формуланы аламыз:

$$P_1 = \frac{t_{SS}}{t_{SS} + \left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{2}\right) \cdot t_{DR}} \quad (2.10)$$



Сурет 2.5 – $\left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}}\right)$ кешеннің ТЖКЖ параметрлеріне әсерін модельдеу нәтижелері [44], [58]

Ал екінші жағдай үшін («жедел жәрдем») формула мынадай түрде болады:

$$p_1 = \frac{t_{SS}}{t_{SS} + t_{LE} + t_{DR}}. \quad (2.11)$$

Әлбетте, бұл екі төтенше жағдай шын мәнінде таза түрде кездеспейді және (2.9) формуласы негізінен олардың арасындағы интерполяция болып табылады және нөлдік емес оң мәндерді ($t_{CR} > 0$ және $t_{CF} > 0$) ескереді.

(2.9) формуласын практикалық технологиялық (және кейіннен экономикалық) есептеулерге қолайлы ету үшін біз осындай көмекші формулаларды қолданамыз:

$$t_{CF} = t_{SA} + t_{TT} + t_{RS} = t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{RS}, \quad (2.12)$$

мұнда барлық компоненттер жоғарыда анықталған.

$$t_{LE} = t_{RC} + \frac{D_{LE}}{\mu_{LE}}, \quad (2.13)$$

мұндағы μ_{LE} – ТЖ АЖ оқшаулау кезінде, оның ішінде жүк қалдықтарын сақтау үшін жүргізілетін жұмыстардың өнімділігі уақыт бірлігімен μ_{LE} бірдей мөлшерде өлшенетін D_{LE} мөлшерде (мысалы, μ_{LE} сұйық ҚЖ қалдығын, тонна немесе текше метр ҚЖ айдау үшін сорғылардың өнімділігі, сағатына тонна немесе текше метр қалай пайдаланылуы мүмкін резервтегі бүлінген цистернаның немесе экскаваторлардың жерге төгілуін тазалауға байланысты жер жұмыстарын орындау кезіндегі өнімділігі);

$$t_{DR} = \frac{D_{DR}}{\mu_{DR}}, \quad (2.14)$$

мұндағы D_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жою үшін орындалатын жұмыстардың көлемі (мысалы, қауіпті сұйықтыққа малынған топырақтың жоғарғы қабатын алу және әкету) тоннамен (немесе, мысалы, текше метрмен немесе басқа өлшем бірліктерімен); μ_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жою жөніндегі жұмыстарды орындау өнімділігі, уақыт бірлігі үшін бірдей өлшем бірліктерінде.

(2.13) және (2.14) формулаларында қолданылатын μ_{LE} және μ_{DR} шамалары ТЖ АЖ салдарын оқшаулау және жою үшін қолданылатын күштер мен құралдардың тактикалық-техникалық сипаттамаларына байланысты екені анық. Сондықтан (2.9) формуласы бойынша алынған $p_{SS} = p_1$ шама бойынша осы күштер мен құралдарды қолданудың тиімділігін бағалауға болады.

(2.12) формуласын талдай отырып, оған $t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{RS}$ айнымалылар кешені кіретінін көреміз (Сурет 2.5) техникалық, технологиялық және ұйымдастырушылық құралдармен мақсатты түрде әсер етуі мүмкін. Осының арқасында ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеу жағдайында болу $p_{SS} = p_1$ ықтималдығын арттыруға болады. [58]

Мысалы, ТЖ АЖ орнындағы жағдайды бағалау, барлау және мониторингілеу үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) қолдану арқылы t_{SA} және t_{RC} шамаларды айтарлықтай азайтуға болады [56, 57]. Жою күштері мен құралдарын (өрт-құтқару және басқа пойыздар) ұтымды орналастыру, оларды жаңғырту және жылдамдықты арттыру арқылы $t_{TT} = \left(\frac{L}{V}\right)$ уақытты азайтуға болады.

Алайда, есептеу формулаларына кіретін көптеген шамаларға әсер ету мүмкіндігі жоқ, оларды тек сыртқы тәуелсіз факторлар ретінде қарастыруға болады.

Атап айтқанда, «сыни уақыт» t_{CR} қауіпті заттың қасиеттеріне, ЖҚ зақымдану сипатына, ондағы ҚЖ (сұйық және газ тәрізді ҚЖ) тасымалдау жағдайларына байланысты, бұл олардың ҚЖ-мен өзара әрекеттесуіне әкелді. Сондай-ақ ТЖ АЖ орнындағы сыртқы топографиялық, метеорологиялық және басқа да жағдайларды ескеру қажет.

Әдетте, ТЖ АЖ оқшаулау үшін қандай жұмыс және қандай көлемде орындалуы керек екендігі белгісіз, сондықтан есептеу үшін t_{SL} және q_R белгісіз мәндер болуы мүмкін. ТЖ АЖ салдарын жою үшін орындалатын жұмыс көлемі де D_{DR} – болжау қиын шама екені түсінікті, бірақ оны кем дегенде, мысалы, жою күштері мен құралдарының жылдам шоғырлануының арқасында азайтуға тырысуға болады (t_{CF} уақытты қысқарту).

Соңында, ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеу жағдайының ұзақтығын анықтайтын t_{SS} шама жеке қарауды талап етеді. Бұл шаманы белгілі бір T уақыт кезеңіндегі орташа мән ретінде анықтауға болады, егер осы уақыт ішінде орын алған n_{SF} ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеуіндегі сәтсіздіктер саны белгілі болса, t_{SS} әлдеқайда үлкен, яғни

$$t_{SS} = \frac{T}{n_{SF}}. \quad (2.15)$$

ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеуінен бас тартуды кез келген көлік оқиғасы деп түсіну керек, соның нәтижесінде ҚЖ қатысуымен ТЖ АЖ болуы мүмкін. Соңғы он жылдағы ЕО елдерінің теміржолдары бойынша ҚЖ жүк тасымалы статистикасын талдау ҚЖ қатысатын мұндай ТЖ АЖ саны ТЖК тасымалданатын барлық жүктердің жалпы тоннасына байланысты екенін анықтауға мүмкіндік берді (Сурет 2.6).

Келтірілген деректер (Сурет 2.6) көрсетілген кезеңдегі ЕО-ның алты мемлекеті (Германия, Франция, Италия, Испания, Польша, Румыния) бойынша жалпыланған статистикаға сәйкес келеді [6, 7]. ҚЖ-дан болған көлік оқиғалары санының жолдың жүк жүктемесіне тәуелділігі сөзсіз, жуықтау коэффициенті шамамен 0,74 құрайды. Әлбетте, бұл жалпы сипатқа ие, яғни оны тек ЕО-ның

белгілі бір мемлекетіне ғана емес, сонымен қатар кез келген басқа ТЖК желісіне жатқызуға болады.

Келтірілген $y = f(x)$ тәуелділік (Сурет 2.6) осы модельде қажетті есептеулерге жарамды қарапайым түрде ұсынылуы мүмкін, мысалы,

$$y = \frac{1}{5} \exp\left\{\frac{1}{4} \cdot x\right\}$$

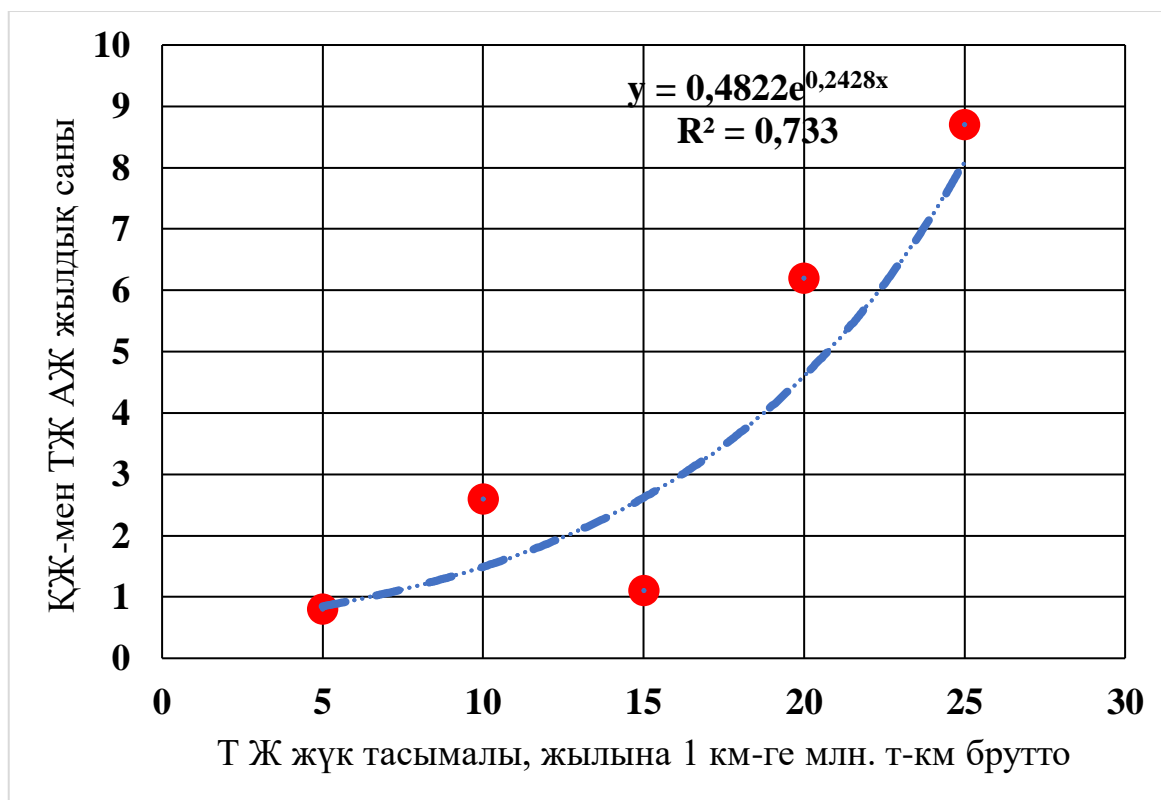
бұл $0,4822 \approx 1/2$, ал $0,2428 \approx 1/4$. екенін ескеру керек.

Модельде қолданылатын технологиялық параметрлерді ескере отырып, $y = n_{SF}$, мәні келесідей болады:

$$n_{SF} = \frac{1}{2} \exp\left\{-\frac{365 \cdot N \cdot G}{4 \cdot 10^6}\right\}, \quad (2.16)$$

мұндағы N – екі бағытта теміржол арқылы өтетін пойыздардың орташа тәуліктік саны;

G – пойыздың орташа салмағы, брутто тонна.



Сурет 2.6 – ЕО елдеріндегі соңғы 10 жылдағы қауіпті жүктермен теміржолдағы апаттық жағдарлар саны бойынша қисық сызығы ([6, 7 (электрондық басылым)] деректері)

(2.12) және (2.13) формулаларын ескере отырып, $T = 365$ тәулік уақытының кезеңін қабылдап, ТЖКЖ қауіпсіз жұмыс істеу жағдайының орташа ұзақтығының мәнін аламыз t_{SS} (тәулікте):

$$t_{SS} = \frac{T}{n_{SF}} = 2 \cdot 365 \cdot \exp\left\{-\frac{365 \cdot N \cdot G}{4 \cdot 10^6}\right\}. \quad (2.17)$$

Енді (2.9) формуласын, егер қажет болса, уақытша ((2.18) формула) немесе технологиялық параметрлерді ((2.12)–(2.14) формулалары бойынша есептелген шамаларды ауыстыру арқылы) қолдана отырып өзгертуге болады:

$$p_1 = \left\{ 1 + \frac{\left\{ \frac{365 \cdot N \cdot G}{4 \cdot 10^6} \right\}}{2 \cdot 365} \cdot \left[\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}} \cdot (t_{CF} + t_{LF}) + t_{DR} \right] \right\}^{-1}, \quad (2.18)$$

мұнда барлық параметрлер жоғарыда анықталған.

Тәжірибеден белгілі болғандай, жою күштері мен құралдарының келуінің кешігуі және оларды тиімсіз қолдану әрдайым ТЖ АЖ ауыр зардаптарына және оларды ұзақ жоюға әкеледі. Сонымен қатар, ТЖ АЖ үрдістің басталуынан кейін одан шығынды көбейтудің қауіпті бағытында тез дамиды, оны тиісті математикалық модельде ескермеуге болмайды. Уақыт өте келе кез келген үрдістің қарқынды дамуы экспоненциалды тәуелділікпен жақсы сипатталатынын байқаймыз. Біз (2.14) формуласын негізге ала отырып, осындай тәуелділікті де қолданамыз:

$$t_{DR} = \frac{D_{DR}^{\max}}{\mu_{DR}} \left[1 - \exp\left\{-\frac{t_{CR} + t_{LE}}{t_{CR}}\right\} \right], \quad (2.19)$$

мұндағы D_{DR}^{\max} – ТЖ АЖ салдарын жою үшін орындалатын жұмыстардың ең жоғары ықтимал көлемі (мысалы, қауіпті сұйықтыққа малынған топырақтың жоғарғы қабатын тоннамен, текше метрмен немесе басқа өлшем бірліктерімен алу және әкету), ал μ_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жоюға қатысатын күштер мен құралдардың өнімділігі (уақыт бірлігі үшін бірдей өлшем бірліктерінде).

(2.19) формуладан жүктің толық жоғалуы бірден пайда болған кезде (мысалы, жарылыс) жою жұмыстарының көлемі мүмкін болатын ең жоғары деңгейге $t_{CR} \rightarrow 0$ ұмтылатындығын көруге болады (өйткені ол $\exp\{(t_{CR} + t_{LE})/t_{CR}\} \rightarrow 0$ және $D_{DR} \rightarrow D_{DR}^{\max}$). (2.19) формуладан көруге болады және кез келген нөлдік емес оң болған кезде $t_{CR} > 0$, ҚО-ға қауіп төндіретін ТЖ АЖ жою үшін тартылған жою күштері мен құралдарының шоғырлану уақыты $t_{CR} + t_{LE}$ неғұрлым көп болса, жою жұмыстарының көлемі де соғұрлым үлкен болады ($D_{DR} \rightarrow D_{DR}^{\max}$). Осылайша, модель өзінің сипаты мен сыртқы жағдайларына, ҚЖ қасиеттеріне (t_{CR} параметр арқылы) және осы жағдайға ($t_{CR} + t_{LE}$ арқылы)

әрекет ету жылдамдығына байланысты болатын ТЖ АЖ қалаусыз даму қарқынын да ескереді.

(2.18) формуласына және μ_{DR} шамасы бар алдыңғы формулаларға қатысты бұл шама да көптеген факторларға байланысты екенін атап өткен жөн, сондықтан оны талдауға тоқталайық.

Жою күштері мен құралдарының өнімділік шамасы μ_{DR} «интегралды» шама болып табылады. Бұл шаманы келесідей елестетуге болады:

$$\mu_{DR} = \sum_{i=1}^m \mu_i \cdot n_i,$$

мұндағы $\mu_i - i$ – түріндегі жою күштері мен құралдарының өнімділігі (мысалы, өрт сөндіру машиналары, көтергіш крандар немесе бульдозерлер және т.б.), ал $n_i - i$ – түріндегі жою күштері мен құралдарының саны. Сонымен қатар, t_{DR} шама «интегралды» болып табылады, өйткені бұл жою күштері мен құралдары түрлі жұмыстарды орындау үшін бір мезетте қолданыла алады және бұл жұмыстар ТЖ АЖ сипатына және оның салдарын жою жұмыстары жоспарына сәйкес әртүрлі уақытта бітуі мүмкін. Яғни, жою жұмыстарының t_{DR} жалпы ұзақтығы «бірінші» (кезек бойынша) жұмыстың басталуынан «соңғы» жұмыстың бітуіне дейінгі уақытпен анықталады және оның сипаттамасы мен азайту мәселесі сәйкес математикалық әдістер (мысалы, желіні жоспарлау [43] немесе PERT әдісі [40, 202-бет]) арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Бұдан әрі назар аударатын болсақ, ТЖ АЖ бағалауы неғұрлым тезірек және дәл орындалады және қажетті мөлшерде күштер мен құралдарды шоғырландыру және жауынгерлік орналастыру параметрлерін таңдау туралы басқарушылық шешім қабылданады, ТЖ АЖ тезірек локализацияланады. Тиісінше, оның салдары соғұрлым ауыр болады және олар тезірек жойылады. Диссертацияда ұсынылған модель терминдерінде бұл оның $t_{CF} = t_{SA} + t_{TT} + t_{RS} = t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{RS}$, математикалық параметрлерін білдіреді, сонымен қатар μ_{DR} тиісті ұйымдастырушылық және технологиялық шараларды (мысалы, жою күштері мен құралдарының оңтайлы орналасуы, олардың тиісті жабдықталуы және тез шоғырлануы) және техникалық құралдарды қолдану арқылы оңтайландыруға болады. Мысалы, ТЖ АЖ орнында барлау, жағдайды бағалау және шешім қабылдау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттары мен ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдануға болады. Осылайша, ТЖ АЖ-ны оқшаулау және жою жөніндегі іс-шараларды барынша тиімді жүргізу қамтамасыз етілуі мүмкін, демек, ҚО-ға қауіп төндіретін ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖК барынша ықтимал сенімділігі қамтамасыз етілуі мүмкін.

Алдыңғы пікірлерді ескере отырып, біздің модельге ораламыз. Енді біз осындай аналитикалық өрнекті жаза аламыз:

$$P_{SS} = P_1 = \frac{1}{1 + \frac{\exp\left\{\frac{365 \cdot N \cdot G}{4 \cdot 10^6}\right\}}{2 \cdot 365 \cdot 24} \left\{ \frac{t_{CF} + 3 \cdot t_{LE}}{4} + \frac{D_{DR}^{\max}}{\mu_{DR}} \left[1 - \exp\left\{-\frac{t_{CR} + t_{LE}}{t_{CR}}\right\} \right] \right\}}. \quad (2.20)$$

Осы ойлардың логикасын көрсету үшін келесі теңдеуді құрайық:

$$t_{CF} = t_{\min} + \frac{t_{CR} - t_{CF}}{t_{CR} - t_{\max}} \cdot (t_{CR} - t_{\max}). \quad (2.21)$$

(2.21) теңдеу жою күштері мен құралдарының нақты шоғырлану уақыты әрқашан белгілі бір шектерде болатындығын $t_{\min} \leq t_{CF} \leq t_{\max}$ және оны белгілі бір жолмен азайтуға тырысатындығын көрсетеді $t_{CR} \rightarrow 0$. (2.21) теңдеуді түрлендіргеннен кейін t_{CF} қатысты квадрат теңдеуді аламыз, $t_{\min} \leq t_{CF} \leq t_{\max}$ оның жалғыз түбірі болады

$$t_{CF} = t_{CR} + \sqrt{t_{CR}^2 + \left(t_{SA} + \frac{L}{V}\right) \cdot \left(t_{CR} - \left(t_{SA} + \frac{L}{V} + t_{RC}\right)\right)}. \quad (2.22)$$

Алайда, егер $t_{CR} = 0$ болса, онда t_{CF} минималды мән орташа геометриялық болады, $t_{CF} = \sqrt{\left(t_{SA} + \frac{L}{V}\right) \cdot \left(t_{SA} + \frac{L}{V} + t_{RC}\right)}$, бұл аз мәнге жақын екені белгілі.

Бұл іс жүзінде аса қауіпті жағдайларда шоғырлану уақытын барынша қысқартуға тырысатындығын көрсетеді. Егер «сыни уақыттың» мәндері салыстырмалы түрде $t_{CR} \gg 0$ үлкен болса, яғни күштерді шоғырландыру үшін белгілі бір уақыт резерві пайда болады.

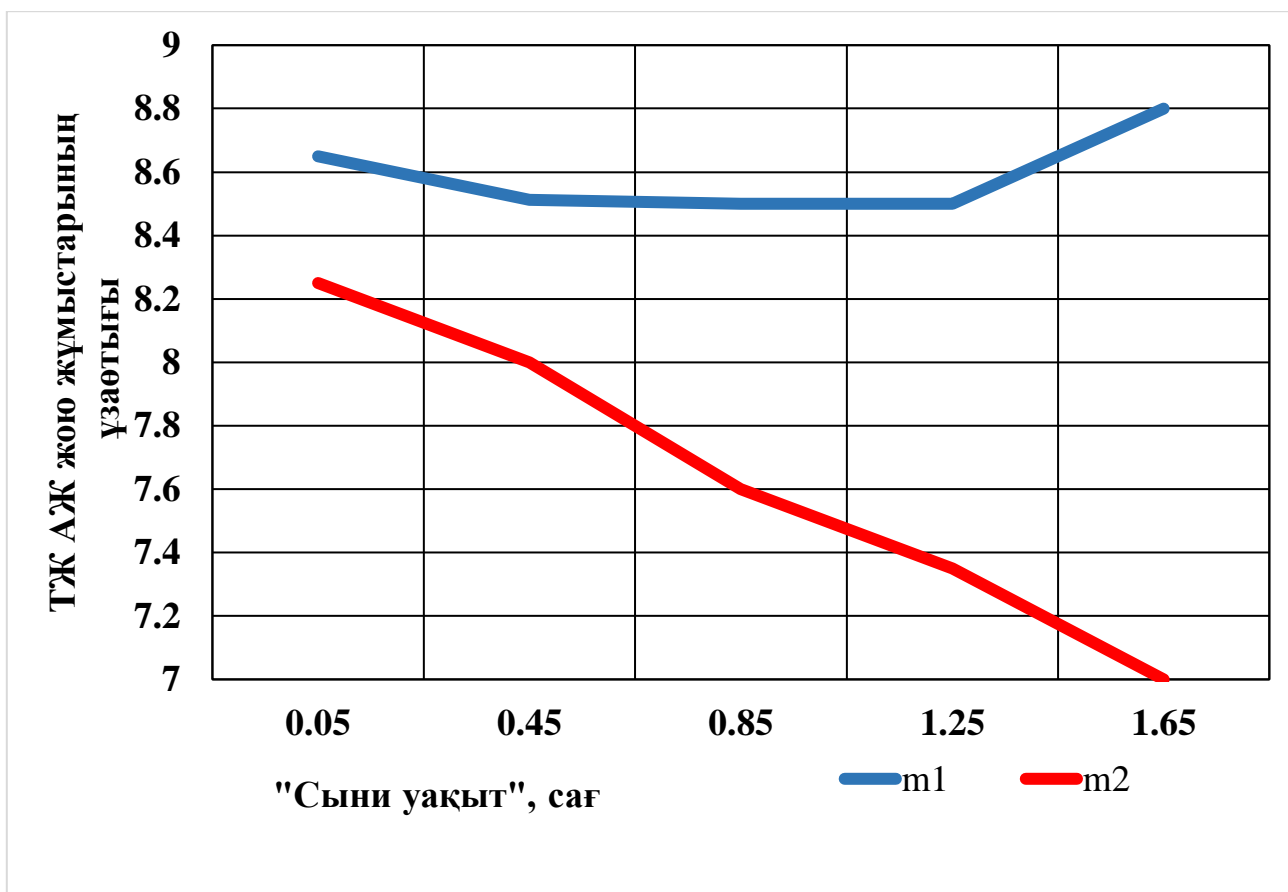
Біз жағдайды дамытудың мүмкін нұсқаларын модельдейміз. Бірінші нұсқада жағдайды бағалауға және шешім қабылдауға кететін уақыттың ұзақтығы бір $t_{SA} = 0,5$ сағатты алады. Екінші нұсқада бұл уақыт $t_{SA} = 0,25$ бір сағатты қабылдайды. Модельдеу кезінде Кесте 2.2-де келтірілген айнымалы шамалардың мәндері қолданылады, сыни уақыттың әр түрлі мәндерімен (t_{CR} , сағ.), шартты өлшем бірліктеріндегі шоғырлану (D_{LE}^{\max}) және жою (D_{DR}^{\max}) жұмыстарының мүмкін болатын ең үлкен көлемдерімен, сондай-ақ осы жұмыстарды орындауға тартылған күштер мен құралдар өнімділігінің әр түрлі мәндерімен (тиісінше, μ_{LE} және μ_{DR}) ерекшеленеді. Модельдеу нәтижелері Сурет 2.7-де көрсетілген.

Жою жұмыстарын жүргізу туралы шешім қабылдау уақытын небәрі 15 минутқа қысқарту бұл жұмыстардың жалпы ұзақтығын орта есеппен бір сағаттан төрт сағатқа дейін қысқартуға әкелетінін көруге болады (Сурет 2.7).

Жою жұмыстарының басталуының әр сағаты жүктің едәуір жоғалуымен, ҚО-ға кері әсер етумен және тікелей және жанама экономикалық шығындармен байланысты болғандықтан, қазіргі жағдайды тезірек бағалау және ТЖ АЖ жою туралы уақтылы негізделген шешім қабылдау қажеттілігі айқын. Бұл жағдайдың дамуын мониторингілеудің ең жаңа техникалық құралдарын қолдану арқылы мүмкін болады, мысалы, ұшқышсыз ұшу аппараттарын, егер жақын жерде болса, бейнебақылау камераларын пайдалану, сондай-ақ ақпараттық технологиялар мен интеллектуалды ШҚҚЖ қолдану.

Кесте 2.2 – ТЖ АЖ орнында жою жұмыстарының ұзақтығын модельдеу нәтижелері

	$t_{SA}, ч$	$t_{CR}, ч$	$L, км$	$V, км / ч$	$D^{max}, ед.$	
Тұрақты	0,5	0,25	90	60	12	
Айнымалы	Айнымалы шамалар					
$t_{CR}, ч.$	0,05	0,51	0,91	1,31	1,71	
$t_{CF} = t_{CR} + \sqrt{t_{CR}^2 + \left(t_{SA} + \frac{L}{V}\right) \cdot \left(t_{CR} - \left(t_{SA} + \frac{L}{V} + t_{RC}\right)\right)}$	2,15	2,40	2,73	3,14	3,61	
$D_{LE}^{max} = \frac{t_{CR} \cdot D^{maz}}{t_{CR} - t_{CF}}$	0,31	2,77	5,43	7,95	10,02	
$\mu_{LE}, ед. в год$	1,51	1,751	2,01	2,25	2,51	
$t_{LE} = \frac{t_{CR} - t_{CF}}{1 + \frac{t_{CR}}{t_{RC} + \left(\frac{D_{LE}^{max}}{\mu_{LE}}\right)}}$	1,91	1,57	1,46	1,42	1,43	
$D_{DR}^{max} = \frac{(2 \cdot t_{CR} - 2 \cdot t_{CF}) \cdot D^{max}}{t_{CR} - t_{CF}}, ед.$	11,71	9,23	6,57	4,05	2,01	
$\mu_{DR}, ед. в год$	2,51	2,01	1,501	1,01	0,51	
$t_{DR} = \frac{D_{DR}^{max}}{\mu_{DR}} \left[1 - \exp\left\{-\frac{t_{CF} - t_{LE}}{t_{CR}}\right\}\right], ч.$	4,71	4,61	4,35	3,95	3,8	
$t_{SA} = t_{CF} + t_{LE} + t_{DR},$	для $t_{SA} = 0,25 ч.$	8,71	8,58	8,53	8,50	8,9
	для $t_{SA} = 0,5 ч.$	8,21	8,01	7,71	7,31	7,02



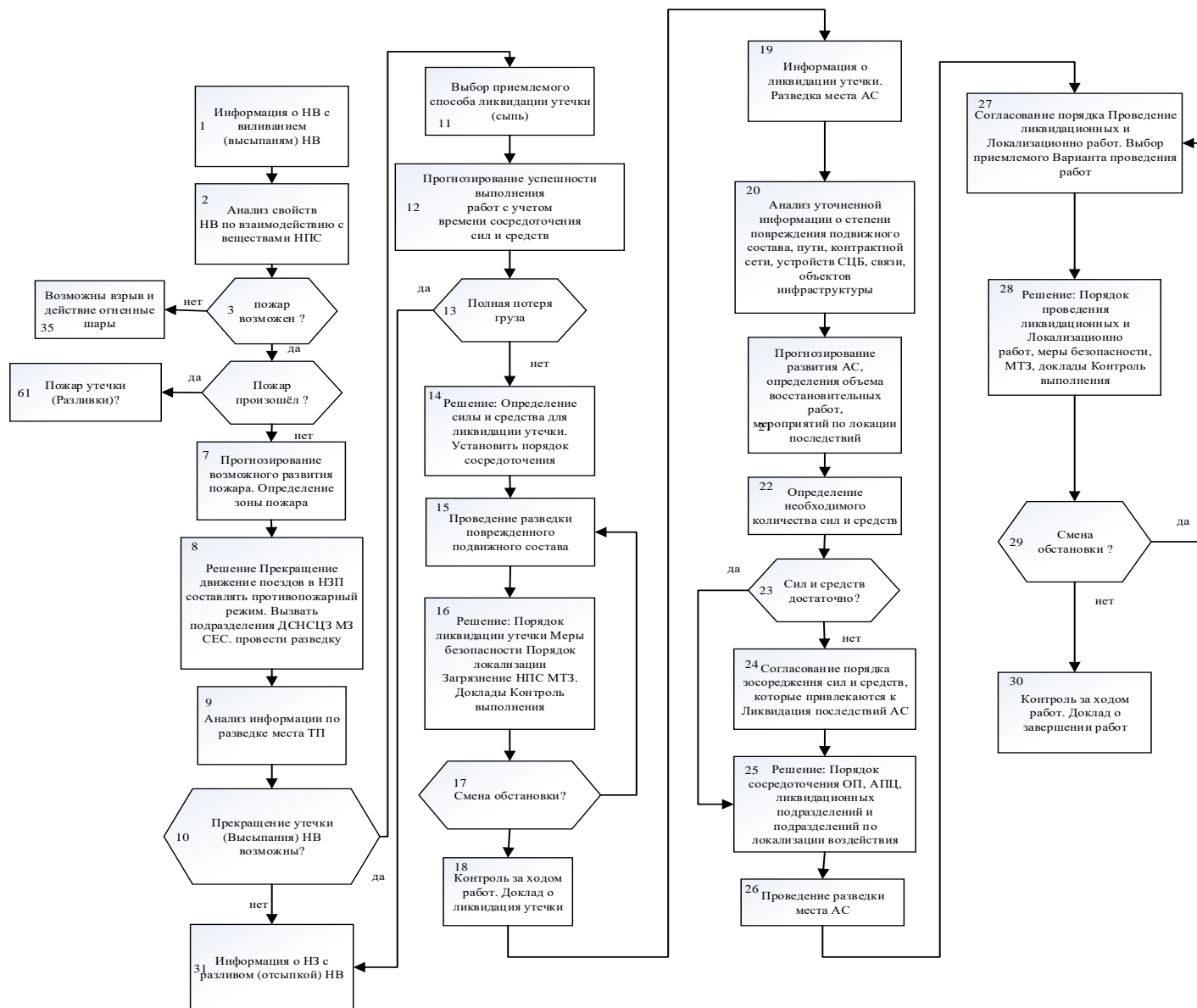
($m1 - t_{SA} = 0,5$ сағ. үшін және $m2 - t_{SA} = 0,25$ сағ. үшін)

Сурет 2.7 – ТЖ АЖ орнында жою жұмыстарының ұзақтығын модельдеу нәтижелері

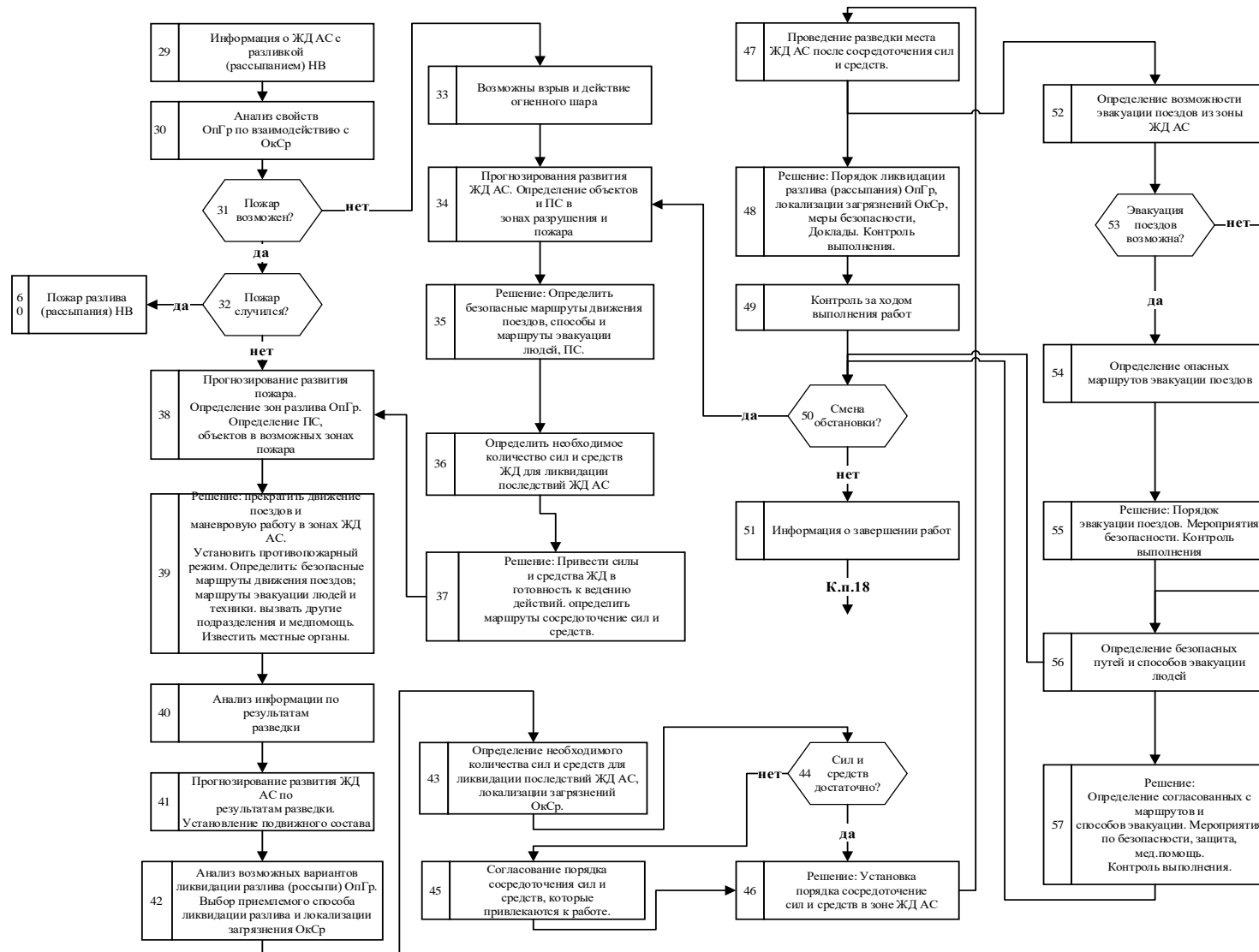
ҚЖ тасымалдау жүйесінің әр жағдайда болуын ескере отырып (Сурет 2.7), экономикалық көрсеткіштердің әртүрлі деңгейімен сипатталатыны анық, содан кейін ұсынылған математикалық модельдерді қолдана отырып, ТЖКЖ сенімділігінің тиісті деңгейін ұстап тұрудың экономикалық әсерін бағалау ұсынылады. Бұл мәселе диссертацияның келесі тарауларында толығырақ қарастырылады.

ТЖ АЖ орнында жою күштерінің әрекеттерін бағалау және жоспарлау бойынша ШҚКЖ үшін нақты есептеу алгоритмдерінің болуы маңызды, олар осы ШҚКЖ есептеу ядросының негізін құрайды. Бұдан әрі осындай алгоритмдердің мысалдары келтірілген, оларды бағдарламалық іске асыру диссертацияның келесі тарауларында толығырақ сипатталған.

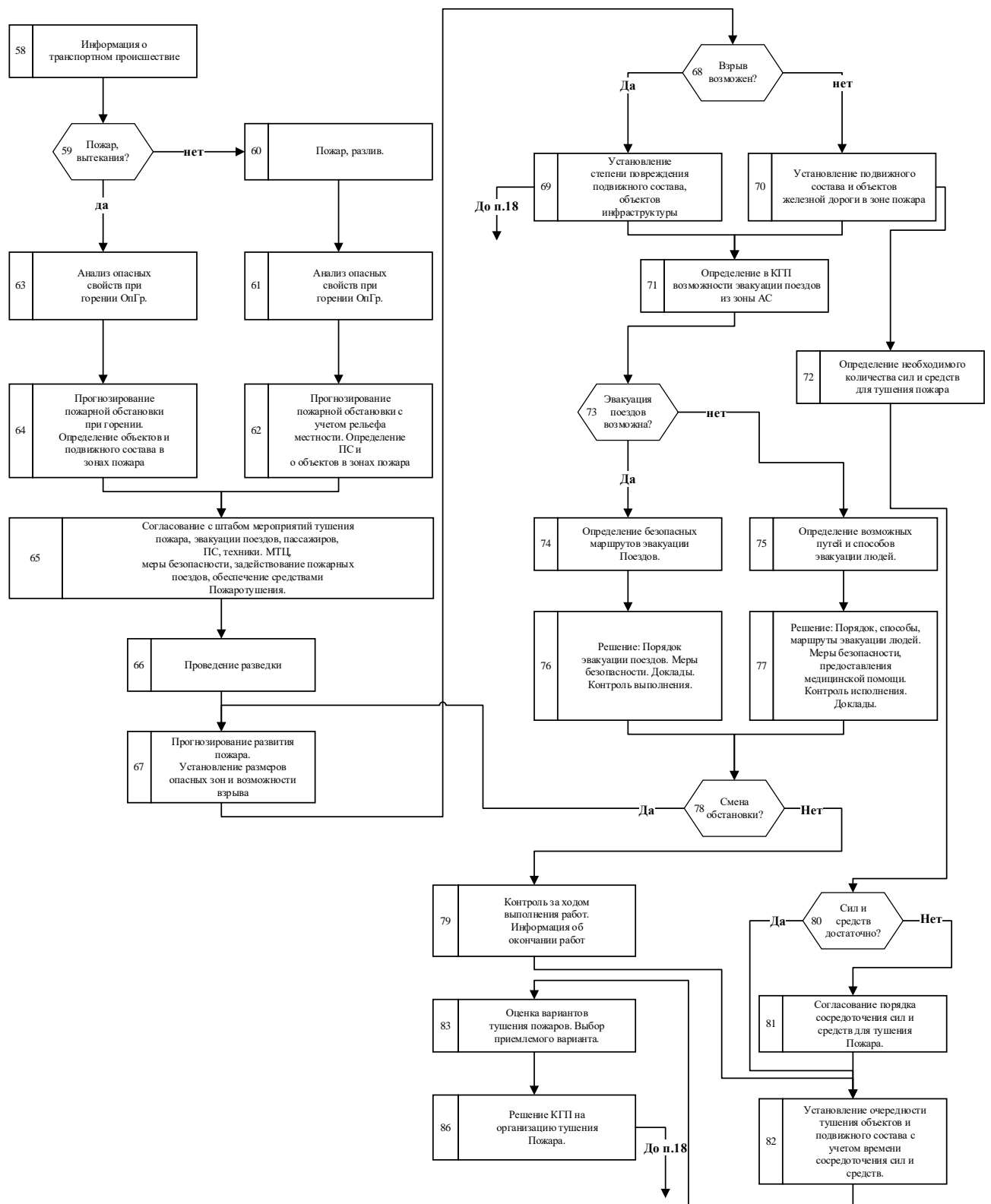
Зақымдалған ЖҚ рельстерден шығуына және төгілуіне (үйілуіне), сондай-ақ ҚЖ ықтимал өртенуіне байланысты ТЖ АЖ-дағы ЖБШ әрекеттері тәртібінің құрылымдық логикалық сызбасын қарастырайық (Суреттер 2.8-2.10).



Сурет 2.8 – Қауіпті жүктердің төгілуі (шашылуы) барысында туындайтын экологиялық жағдай үшін ЖБШ іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық сызбасы [49]



Сурет 2.9 – Қауіпті жүктердің жарылыс қаупімен байланысты жағдайдағы ЖБШ әрекеттерінің құрылымдық-логикалық сызбасы [49]



Сурет 2.10 – Қауіпті жүктердің ағып кету және жарылу қаупімен байланысты жағдайдағы ЖБШ әрекетінің логика-құрылымдық сызбасы [49]

Локомотив бригадасынан бастапқы ақпаратты алғаннан кейін және оны ТЖ басқару пункттерінің кезекші персоналы нақтылағаннан кейін ҚЖ негізгі

қасиеттеріне, жарылыс және өрт қауіптілігіне және олардың адамға төндіретін қаупіне талдау жүргізіледі.

Өрттің пайда болуын болдырмау мақсатында ЖБШ басшысы қауіпті аймақта пойыздардың қозғалысын тоқтату туралы шешім қабылдайды, өртке қарсы режимді белгілейді және тиісті қызметтер мен министрліктердің бөлімшелері мен жергілікті билік органдарына хабарлайды. Қолданыстағы басқару құжаттарының талаптарына сәйкес апаттық аралықты шектейтін жақын станция бастығының және т.б. ТЖ қызметкерлерінің қатысуымен көлік оқиғасы болған жерді барлау бойынша шешім қабылданады [49, 102-124-б.].

Сондай-ақ, мысал ретінде, жарылыс туындау мүмкіндігі болатын, рельстен шыққан ЖҚ бұзылуы кезінде ТЖ АЖ-дағы жедел штабтың іс-қимыл тәртібін қараймыз (Сурет 2.9).

Локомотив бригадасынан немесе ТЖ АЖ орнында болатын ТЖ басқа қызметкерлерінен не болғаны туралы бастапқы ақпаратты алған кезде, оның ҚО-мен өзара әрекеттесу сипатына қатысты ҚЖ қасиеттеріне талдау жүргізіледі. ҚЖ-нің ҚО-мен өзара әрекеттесуі жарылысқа әкелуі мүмкін болған жағдайда, ҚЖ төгілу аймақтары мен көлемін, ықтимал өрт аймақтарын және т.б., осы аймақтарда ЖҚ және ТЖ инфрақұрылымы объектілерінің болуына болжам жасау жүзеге асырылады.

2.3. Екінші бөлім бойынша қорытынды

Диссертациялық жұмыстың екінші бөлімінде жүйелер теориясы мен шешімдер қабылдау әдістері, жүйелік талдау, ТЖ АЖ-ға әрекет етудің экологиялық үрдістерін математикалық модельдеу, ҚЖ қауіпсіздік шараларын және оларды жою тәртібін айқындау жөніндегі нормативтік құжаттар негізінде мынадай нәтижелер алынды:

1. ТЖ АЖ туындаған кезде жедел штабтың басшысы мұндай жағдайдың компоненттері арасындағы себеп-салдарлық байланыстар туралы толық және жеткілікті ақпараттың болмауының күрделі жағдайларында бағынысты басқару пункттері мен тарату бөлімшелерін келісуге, үйлестіруге және басқаруға бағытталған жеке, алқалық, ақпараттық, ұйымдастырушылық, жедел шешімдердің белгілі бір санын қабылдауы қажет екені анықталды, олар мұндай шешімдер қабылдау және/немесе олардың негізділігіне әсер ету мүмкіндігін арттыруы мүмкін. [58]

2. ҚЖ-мен ТЖ АЖ-ны оқшаулау және олардың салдарын жою бойынша негізделген басқару шешімдерін қабылдау ШҚҚЖ көмегімен жүзеге асырылуы тиіс, оларды құру үшін осындай жағдайлардың дамуын болжаудың ұсынылған математикалық модельдерін және жедел штаб басшылары іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық схемаларын қолдану қажет.

3. Апаттық жағдайдың туындау мүмкіндігін, оны бағалауды, оқшаулауды және оның салдарын жоюды ескере отырып, ТЖКЖ қауіпсіз

жұмыс істеу жағдайының бағдарланған бағаны түрінде ҚЖ теміржол тасымалы жүйесі ресімделді.

4. ҚЖ тасымалдау кезінде жүйені сенімділік жағдайында қолдаудың белгілі бір технологиялық және ұйымдастырушылық шараларына байланысты қауіпсіз жұмыс жағдайында ТЖКЖ болу ықтималдығын практикалық есептеу деңгейіне дейін жеткізілген математикалық модельдер әзірленді.

5. ТЖ АЖ оқшаулау және жою бойынша уақтылы негізделген шешім қабылдаудың жеделдігі жою жұмыстарының уақытын ғана емес, сонымен қатар ҚО-да осы жағдайлардың жағымсыз салдарының оған пропорционалды азаюын да едәуір қысқарту түрінде айқын синергетикалық әсер беретіні дәлелденді.

6. ЖБШ басшысының ШҚҚЖ білім базасында пайдалану үшін шешімдерді қабылдаудың ситуативті жағдайларына негізделген ТЖ АЖ жоюдың типтік жағдайларында ЖБШ іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық сызбалары әзірленді.

Бұл бөлім [58], [59], [60] жұмыстарында қарастырылған.

3 «ҚОРШАҒАН ОРТА – АПАТТЫҚ ОБЪЕКТ – ЖОЮ БӨЛІМШЕЛЕРІ» ЖҮЙЕСІНІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІНІҢ ҚАУІПСІЗ ЖАЙ-КҮЙІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН НЕГІЗДЕУ

Диссертацияның алдыңғы тарауларында жүргізілген ҚЖ-мен ТЖ АЖ зерттеуі олардың дамуының күрделі сипатқа ие екендігін көрсетеді, оның түпкілікті нәтижесі: жарылыстармен, өрттермен, адамдардың өлімімен немесе жарақаттануымен, ТЖК мен ЖҚ объектілерінің жойылуымен, ҚО ластануымен және т.б. байланысты ауыр зардаптардың пайда болуы. Үрдістерді тиімді басқарудың ғылыми негіздемесі үшін «Қоршаған орта – апаттық объект – жою бөлімшелері» жүйесінің жұмыс істеуінің қауіпсіз жай-күйін қалпына келтіру үшін олардың дамуының ықтимал сценарийлерін бөліп көрсету қажет:

- ТЖ АЖ теріс факторларының баяу жинақталуы, бірақ олардың маңызды мәндерінің деңгейіне дейін емес. Бұл жарылыстарға немесе өрттерге және т. б. әкелмейді;

- ТЖ АЖ теріс факторларының баяу жинақталуы, сыни мәндерден асып кеткеннен кейін жарылыспен немесе өртпен және т. б. әкеледі;

- ТЖ АЖ теріс факторларының тез жиналуы, олардың сыни шектерден шығуы өртке немесе жарылысқа және т. б. әкеледі. [69]

Мұндай ТЖ АЖ, әдетте, қатерлі факторларының дамуы туралы мәліметтердің толық еместігімен, адамдарға, ҚО-ға, инфрақұрылым объектілері мен ТЖК ЖҚ-на зиянды әсерімен, уақыт өткен сайын экологиялық, материалдық, экономикалық және басқа да шығындардың тез өсуімен сипатталады.

Осындай ТЖ АЖ оқшаулау және олардың салдарын жою бойынша шаралар қабылдау үшін атқаратын қызметі әртүрлі ТЖК бөлімшелері, басқа да министрліктер мен **ведомстволары** тағайындаған бөлімшелердің белгілі бір саны тартылып, қатысуы қажет.

Сонымен қоса, жою жұмыстарын ұйымдастыру барысында осы шаралардың тиімділігінің белгіленген критерийлерін (жағдаяттық критерийлерді) қамтамасыз ету қажет, оларға тек осы жұмыстарды белгіленген мерзімде және қолда бар ресурстармен аяқтаудың табыстылығын ғылыми негізделген болжау негізінде қол жеткізуге болады.

ТЖ АЖ дамуы жағдайды талдау процесінің және жедел штаб басшысының оған әрекет ету жөніндегі шешімдерді әзірлеуінің күрделі жағдайларын анықтайды, олар, атап айтқанда, пойыздардың қозғалысын тезірек қалпына келтіру қажеттілігімен байланысты уақыт тапшылығымен, сондай-ақ оның ТЖ туралы алуан түрлі ақпаратты қабылдауымен және түсінуімен сипатталады [20, 110-114 б.].

Сондықтан ТЖ АЖ оқшаулау және олардың салдарын жою міндеттерін тиімді шешу қазіргі заманғы АТ, оның ішінде ШҚҚЖ қолдануды талап етеді [17, 180-бет].

3.1. Апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін уақыты шектеусіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс процестері ретінде ресми сипаттау

Диссертацияның алдыңғы тарауларында қарастырылған типтік апаттық жағдайлар ҚО-ға қауіпті жүктерді тасымалдаудан және адамдарға, инфрақұрылым объектілеріне және ТЖК ЖҚ-на зиянды әсер ететін қауіпті факторлардың (улы газдар, жоғары температура, қауіпті заттардың төгілуі және т.б.) азды-көпті қарқынды ағыны болып табылады.

Сондықтан апаттық жағдайды оқшаулау және оның салдарын жою бойынша жұмыстар жүзеге асырылатын апаттық объектіні (немесе ТЖК ЖҚ) «талаптарға» (әрекет етуді қажет ететін қауіпті факторларға) уақыты шектеусіз жауап беретін және кезекке тұрғызбай қызмет көрсетілетін жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) ретінде қарастыруға болады. Осы теориялық тәсілмен жаппай қызмет көрсету теориясының (ЖҚКЖ) классикалық және нақты есептерге бейімделген математикалық әдістерін қолдануға болады [61-65].

ТЖ АЖ ден қоя отырып, n –арналық ЖҚКЖ-не кіруге (n –жою бөлімшелерінің (ЖоюБ) саны) λ қарқындылықпен талаптардың (ТЖ АЖ қауіпті факторларының) ең қарапайым ағыны келіп түседі. Қызмет көрсету уақыты, яғни (T_{np}) тарату жұмыстарын жүргізу уақыты – көрсеткіштік заң бойынша бөлінеді [66]. Өтінімге қызмет көрсету процесінің келесі ерекшелігі бар: оған қызмет көрсетуді бастамас бұрын, мысалы, өрт сөндіру немесе қалпына келтіру пойызы немесе апаттық бөлімшелер болып табылатын «қызмет көрсету құралы» осыған дайындалуы керек. «Қызмет көрсету құралын» дайындау уақыты бөлімшені жинау, ТЖ АЖ немесе төтенше жағдай орнына бару және жою жұмыстарын жүргізу құралдарын орналастыру уақытынан тұрады. Қызмет көрсету құралын дайындау уақыты немесе шоғырлану уақыты параметрмен ν индикативті (T_c) үлестірімге ие. Қызмет көрсету құралын бос ұстайтын өтінім қызметке жіберіледі. Барлық техникалық қызмет көрсету құрылғыларын бос ұстайтын талап кезекке тұрады және техникалық қызмет көрсетуді күтеді.

Яғни, олар Эрлангтың жалпыланған 2-ші ретті Заңына ν және μ сәйкес параметрлермен (T_L) кездейсоқ шама дайындық пен ($T_L = T_c + T_{np}$) қызмет көрсетудің екі фазасынан тұрады. Осы Заңның ықтималдық тығыздығының таралу заңы [66, 60-62б.] формуласымен көрсетілген:

$$g(t) = \int_0^t \nu \cdot e^{-\nu t_1} \cdot \mu \cdot e^{-\mu(t-t_2)} dt = \frac{\nu \cdot \mu \cdot (e^{-\nu t} - e^{-\mu t})}{\mu - \nu}, \quad (t > 0) \quad (3.1)$$

$$\text{мұндағы } \nu = \frac{1}{M[T_c]}, f_1(t) = \nu \cdot e^{-\nu t}; \mu = \frac{1}{M[T_{np}]}, f_2(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}.$$

Мұндай ЖҚКЖ-дегі қызмет ағыны Пуассондық емес, яғни жүйе Марковтық емес және дискретті күйлері бар және үздіксіз уақыты бар Марков процестеріне арналған әдістер бойынша ЖҚКЖ күйлерінің ықтималдығын табу мүмкін емес [66, 65б.].

Кез-келген ЖҚКЖ-дегі оқиғалардың пуассондық таралуының бұзылуы оны марковтық жүйеден марковтық емеске ауыстыратыны белгілі. Нәтижесінде Колмогоров теңдеулерін тікелей құрастыру және қолдану мүмкін болмайды. Сондықтан мұндай ЖҚКЖ талдау үшін Марковтық емес жүйелерді талдаудың аналитикалық әдістерінің екі бағыты кең таралған [62, 35б., 64, 501б.]:

- Марков тізбектерінің классикалық теориясын қолдануға негізделген бағыт. Бұл тәсіл оны жүзеге асыру үшін зерттелетін жүйенің мүмкін күйлерінің фазалық кеңістігін кеңейтуді талап етеді (жалған күй әдісі) [66, 100б.];

- күрделі математикалық аппаратты қолданумен байланысты, бірақ жүйенің күйлерінің санын жасанды түрде көбейтпейтін бағыт (жартылай Марков үрдістерінің әдісі) [67, 68].

Бұл екі бағыттың да көптеген ұқсастықтары бар, бірақ олардың мүмкіндіктері мен есептеулерді жүргізудің қиындық дәрежесі бойынша ерекшеленеді.

Жартылай Марков процестерін қолдану жүйенің мінез-құлқын оның күйлері өзгерген сәттерде (процестің секірген сәттерінде) ғана қарастыруды қамтиды, нәтижесінде Марков тізбегі пайда болады. Бұл жағдайда салдардың болмауы Марков үрдісінде болғандай кез-келген уақытта жүзеге асырылмайды, тек секіру сәтінде ғана. Бұл әдісті қолданудың тиімділігі жартылай Марков үрдістерін орнату әдістеріне байланысты. Қалай болғанда да, Марков тізбегіне қосылған ішкі жүйелері бар зерттелетін жүйенің мүмкін күйлерінің ақырғы жиынының шамасы белгілі болуы керек. Жүйенің мүмкін болатын бір күйден екінші күйге және оның бастапқы күйіне өту бағыттары да белгілі болуы керек.

Жалған күй әдісі талаптардың кіріс ағыны мен бірдей параметрі бар экспоненциалды үлестірімдердің жиынтығы болып табылатын, ықтималдық тығыздығының бөлінуі Пуассондық функция болатын қызмет ағыны бар болған кезде ғана қолданылады.

Колмогоров теңдеулерін жазудың әдепкі нұсқасын қолданып, тұрақты және тұрақсыз жұмыс режимдерде Марковтық емес ЖҚКЖ талдай отырып математикалық тұрғыдан қарағанда қарапайым түрде шешуге мүмкіндік береді. Бірақ бұл әдіс бастапқы күй графының құрылымын едәуір қиындататындықтан, есептеу процесінің күрделенуіне әкеледі.

Марковтық емес (Эрлангтық) жүйенің күйлерінің фазалық кеңістігін оған қосымша (жалған) күйлерді енгізу арқылы жасанды түрде кеңейту оны Марковтыққа айналдырады. Бұл Марковтық емес шығыс процесін басқа, күрделі процеске салынған деп санауға мүмкіндік береді, бірақ Марковтық қасиеттері бар үрдіс [63, 180-185 б.].

Кезек ұзындығы бойынша шектеулер болған жағдайда, ТЖ АЖ үшін окшаулау жұмыстары жүзеге асырылатын объект ретінде ЖҚКЖ жұмыс істеуін қарастырайық. Мұндай ЖҚКЖ күйлерінің графы көрсетілген (Сурет 3.1):

S_0 – ЖҚКЖ бос;

S_{11} – ЖҚКЖ-інде бір өтінім, қызмет көрсету бірінші кезеңде;

S_{12} – ЖҚКЖ-інде бір өтінім, қызмет көрсету екінші кезеңде;

.....
 S_{m1} – ЖҚКЖ-інде m өтінім, қызмет көрсету бірінші кезеңде, кезек жоқ;

S_{m2} – ЖҚКЖ-інде m өтінім, қызмет көрсету екінші кезеңде, кезек жоқ;

.....
 $S_{(m+\chi)1}$ – ЖҚКЖ-інде $(x + \chi)$ өтінім (m талапқа қызмет көрсетілуде, χ - кезекте тұр), қызмет көрсету бірінші кезеңде;

$S_{(m+\chi)2}$ – ЖҚКЖ-інде $(x + \chi)$ өтінім (m талапқа қызмет көрсетілуде, χ - кезекте тұр), қызмет көрсету екінші кезеңде.

Жүйе күйлерінің соңғы ықтималдығы үшін алгебралық теңдеулер:

$$\lambda \cdot P_0 = \mu \cdot P_{12};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot P_0 + 2 \cdot \mu \cdot P_{22};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{12} = \nu \cdot P_{11};$$

$$(\lambda + 2 \cdot \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot (P_{11} + P_{12}) + 3 \cdot \mu \cdot P_{32};$$

(3.2)

$$(\lambda + 2 \cdot \mu) \cdot P_{22} = \nu \cdot P_{21};$$

.....

Немесе келесі теңдеулер жүйесі:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda + n \cdot \nu) \cdot P_{n1} = \lambda(P_{(n-1)1} + P_{(n-1)2}) + (n+1) \cdot \mu \cdot P_{(n+1)2}; \\ (\lambda + n \cdot \mu) \cdot P_{n2} = n \cdot \nu \cdot P_{n1}; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

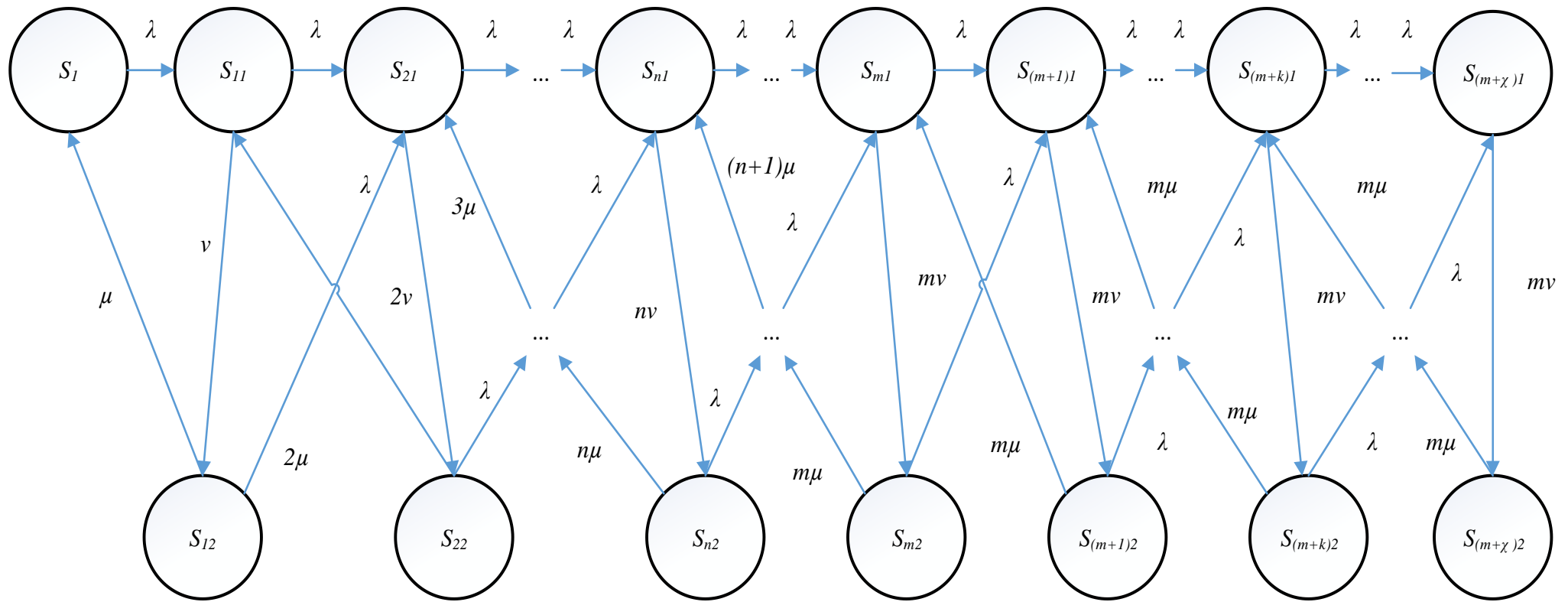
$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{m1} = \lambda(P_{(m-1)1} + P_{(m-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(m+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{m2} = m \cdot \nu \cdot P_{m1}; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{k1} = \lambda(P_{(k-1)1} + P_{(k-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(k+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{k2} = m \cdot \nu \cdot P_{k1}; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1} = \lambda(P_{(m+\chi-1)1} + P_{(m+\chi-1)2}); \\ m \cdot \mu \cdot P_{(m+\chi)2} = m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1}; \end{array} \right.$$



Сурет 3.1 – Кезек ұзындығына шектеулер қойылған ЖҚКЖ күйінің графы [63]

Нормативтік шарт келесідей болады:

$$P_o + \sum_{i=1, j=1}^{m+\chi} P_{ij} = 1.$$

Жалған күйлер әдісін жүзеге асырудың күрделілігі зерттеу үшін мұндай ЖҚКЖ оның математикалық сипаттамасының көлемдік формаларын анықтайды, өкінішке орай, жүйенің жай-күйін зерттеу кезінде онсыз мүмкін емес. Сондықтан төменде теңдеулердің шығыс жүйелері, осындай ЖҚКЖ жұмыс үрдістерін модельдеудің аралық және соңғы нәтижелері келтірілген. Жоғарыда келтірілген теңдеулер жүйесін шеше отырып, біз осындай (3.3) теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned} P_{11} &= \frac{\lambda \cdot (\lambda + \mu)}{\mu \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ P_{12} &= \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{oe}; \\ P_{21} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu)}{4 \cdot \mu^2 \cdot \nu^2} \cdot P_{oe}; \\ P_{22} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu)}{2 \cdot \mu^2 \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \end{aligned} \quad (3.3)$$

Эрлангтық ЖҚКЖ күйлерінің ықтималдығы келесідей болады (3.4):

$$\begin{aligned} P_{1e} &= P_{11} + P_{12} = \frac{\lambda \cdot (\lambda + \mu + \nu)}{\mu \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ P_{2e} &= P_{21} + P_{22} = \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu)}{4 \cdot \mu^2 \cdot \nu^2} \cdot P_{oe}; \\ \dots \\ P_{ne} &= P_{n1} + P_{n2} = \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + n\mu + n\nu)}{\mu^n \cdot \nu^n \prod_{i=1}^n i^2} \cdot P_{oe}; \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$P_{1e} = P_{11} + P_{12}; \quad (3.5)$$

$$P_{2e} = P_{21} + P_{22};$$

$$P_{ne} = P_{n1} + P_{n2} \dots P_{ne} = P_{n1} + P_{n2} \dots P_{(m+\chi)\varepsilon} = P_{(m+\chi)1} + P_{(m+\chi)2}.$$

ЖҚКЖ сипаттамаларын анықтайық:

Талаптарға қызмет көрсету ықтималдығы (ТЖ АЖ жою ықтималдығы):

$$P_L = 1 - P_{ок}, \quad (3.6)$$

мұндағы $P_{отк} = P_{(m+\chi)2} - \frac{P_{12} + P_{22} + \dots + P_{(m+\chi-1)2}}{2}$.

Кезекте тұрған талаптардың орташа саны:

$$\bar{r} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{(m+1)\varepsilon} + 2 \cdot P_{(m+2)\varepsilon} + \dots + \chi \cdot P_{(m+\chi)\varepsilon}). \quad (3.7)$$

Жүйедегі талаптардың орташа саны:

$$\bar{s} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1\varepsilon} + 2 \cdot P_{2\varepsilon} + \dots + (m + \chi) \cdot P_{(m+\chi)\varepsilon}). \quad (3.8)$$

Талаптың кезекте тұруының орташа уақыты:

$$\bar{t}_{ожс} = \frac{\bar{r}}{\lambda}. \quad (3.9)$$

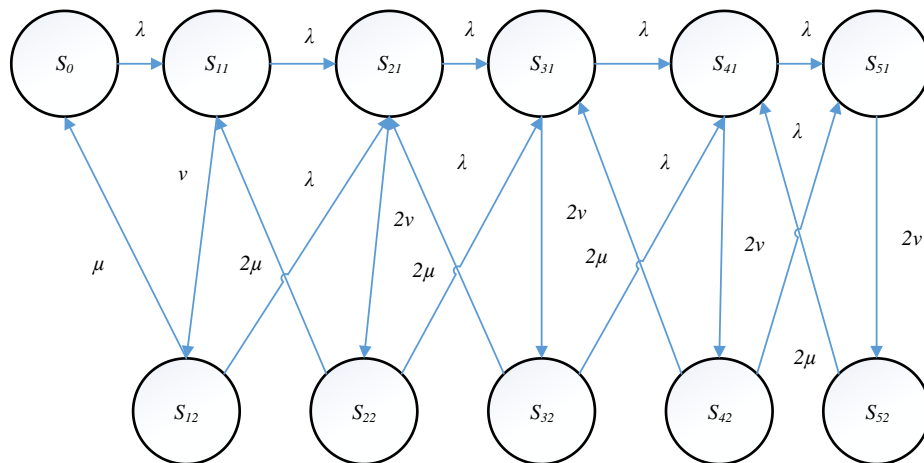
Жүйеде талаптың орташа болу уақыты:

$$\bar{t}_{сис} = \frac{\bar{S}}{\lambda}. \quad (3.10)$$

Қызмет көрсетуге арналған жұмыспен қамтылған аспаптардың орташа саны:

$$\bar{k} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + \dots + m \cdot P_{me} + \dots + m \cdot P_{(m+\chi)}). \quad (3.11)$$

Біз мұндай жүйенің жұмысын $M/E_2/2/4$ жүйесінің мысалында зерттейміз, графы Сурет 3.2 көрсетілген.



Сурет 3.2 – Екі арналы ЖҚКЖ графы [63]

ЖҚКЖ сипаттамалары:

$$P_L = 1 - P_{отк},$$

мұндағы
$$P_{отк} = P_{5e} - \frac{P_{12} + P_{22} + P_{32} + P_{42}}{2}.$$

Талаптың кезекте тұруының ($\bar{t}_{ож}$) және жүйеде ($\bar{t}_{сис}$) болуының орташа уақыты келесідей анықталады:

$$\bar{t}_{ож} = \frac{\bar{r}}{\lambda}, \quad \bar{t}_{сис} = \frac{\bar{S}}{\lambda}. \quad (3.12)$$

Жұмыспен қамтылған қызмет көрсету құрылғыларының орташа санын келесі формуламен табамыз:

$$\bar{k} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + 2 \cdot P_{3e} + 2 \cdot P_{4e} + 2 \cdot P_{5e}). \quad (3.13)$$

3.2. Уақытша шектеулер кезінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ЖҚКЖ жұмыс істеу процестері ретінде ресми сипаттау

ТЖ АЖ салдарын жоюға тартылған апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін сипаттауға теориялық көзқарас 3.1-бөлімшедегі сияқты ҚО-ға теріс әсер етуі мүмкін. Алайда, ағымдағы бөлімшеде ТЖ АЖ әрекет етудің уақытша шектеулері ескерілген. Диссертацияның алдыңғы бөлімдерінде жүргізілген қауіптіліктің әртүрлі сыныптарындағы жүктердің қасиеттерін талдау мұндай ҚЖ-дің едәуір бөлігі олардың қасиеттеріне байланысты қысқа мерзімде осындай жағдайдың қауіпті салдарын жою кезеңінде де, жою жұмыстарын күту кезеңінде де ТЖ АЖ орнынан «жоғалып кетуге» қабілетті екенін көрсетеді, яғни жою жұмыстарының басталуы немесе аяқталуына дейін «шыдай алмайды».

Осындай қасиеттерге, мысалы, бұйымдарды ашқан кезде улы шаң түзу қабілеті, ұшқырлық, ауамен әрекеттескенде немесе жану кезінде улы газдар, бу мен аэрозольдар құрау қабілеттілігі, беткі қабаттарда жинақталу, әртүрлі газдарды түзе отырып ыдырау және тағы сол сияқтылар. Яғни, жою іс-шараларын жүргізу кезінде «шыдамсыздық» белгілерін көрсету [65, 276.].

Жоғарыда қарастырылған қызмет көрсету үрдісінен айырмашылығы, ЖҚКЖ түскен талап барлық қызмет көрсету құрылғыларын жұмыспен қамтыған кезде кезекке тұрады және қызмет көрсетілгенге дейін күтеді, қызмет көрсетуде болу уақытының шектелуіне байланысты жүйені қалдыратын талаптары бар ЖҚКЖ қарастырыңыз.

Техникалық қызмет көрсетуді күтудің орташа уақыты $\bar{t}_{ог.обс}$ ЖҚКЖ талаптарын қалдыру ағынындағы кездейсоқ уақыт шамасы деп есептейік. Мұндай «шыдамсыз» талаптардың ағыны $\eta = 1/\bar{t}_{ог.обс}$ қарапайым түрде қабылданады, өйткені сіздер білесіздер, дәл осындай ағындар әртүрлі ЖҚКЖ жиі кездеседі.

Техникалық қызмет көрсету кезінде ЖҚКЖ талаптардың осы «шығу» ағынының тығыздығы [68, 158б.] параметрімен индикативті болып қабылданады:

$$f(t) = \eta \cdot e^{-\eta t} \quad (t > 0). \quad (3.14)$$

Кезекте кезек күту кезеңінде болу уақыты шектеулі талаптар болған жағдайда ($\bar{t}_{об. о.ж}$), мұндай талаптардың ψ «шыдамсыздық» параметрі:

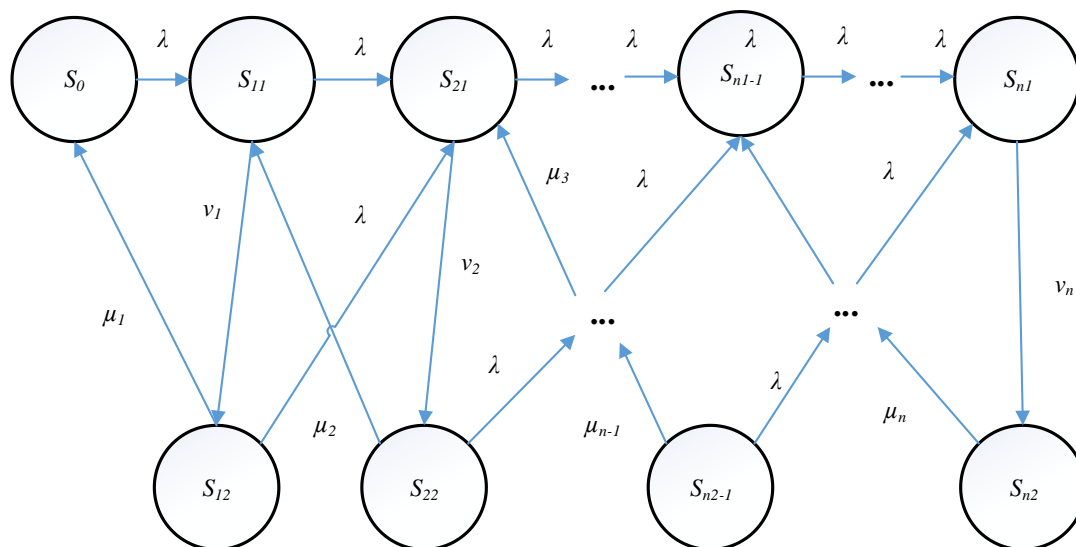
$$\psi = \frac{1}{\bar{t}_{об. о.ж}}. \quad (3.15)$$

Бұл талаптар бұрын теориялық тұрғыдан қарастырылған тағы бір қосымша ағынды құрайды [65, 30б.]. Бірақ іс жүзінде бұл жүйеге нақты қауіп төндіреді. Сондықтан оны ұсынылған модельде елемеуге болмайды.

Бұл жағдайда ЖҚКЖ талаптардың «шығу» ағынының тығыздығы параметрмен ψ индикативті болып қабылданады :

$$f(t) = \psi \cdot e^{-\psi t} \quad (t > 0). \quad (3.16)$$

Бір қызмет көрсету құралымен «шыдамсыз» өтінімдерге қызмет көрсету жағдайы ерекше назар аударуға тұрарлық. $\eta \neq 0$ шектеуі бар $M/E_2/1/n$ жүйенің жұмысын қарастырамыз. Мұндай ЖҚКЖ күйінің графы (Сурет 3.3):



Сурет 3.3 – Параметрлерге ($\eta \neq 0, \psi \neq 0$) шектеулері бар $M/E_2/1/n$ ЖҚКЖ күйлерінің графы

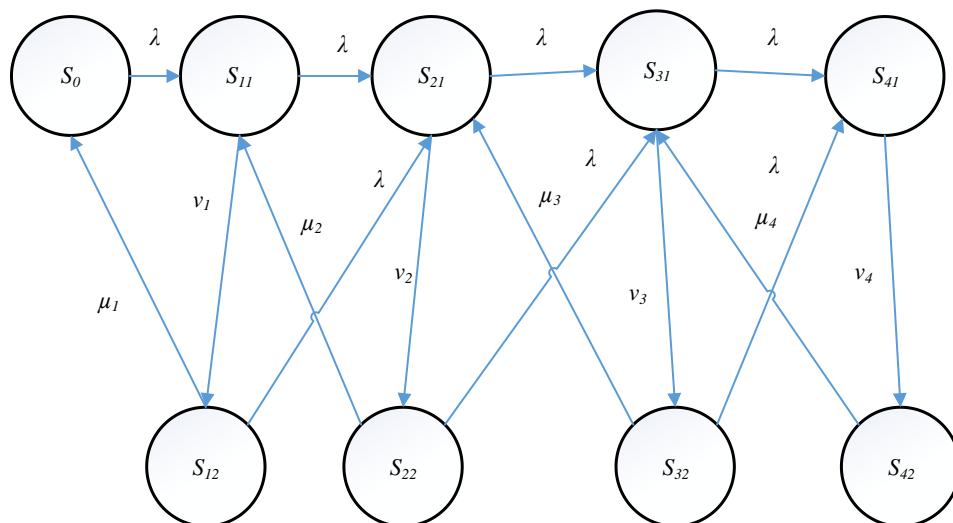
Сәйкесінше (Сурет 3.3):

$$\mu_1 = \mu + \eta; \quad v_1 = v + \eta;$$

$$\mu_2 = \mu_1 + \eta = \mu + 2 \cdot \eta; \quad v_2 = v_1 + \eta = v + 2 \cdot \eta;$$

.....

Мысал ретінде біз $\eta = \psi \neq 0$ шектеулері бар $M/E_2/1/3$ ЖҚКЖ қызметін зерттейміз, оның күйлерінің графы Сурет 3.4 көрсетілген.



Сурет 3.4 – Параметрлерге ($\eta = \psi \neq 0$) шектеулері бар $M/E_2/1/3$ ЖҚКЖ күйлерінің графы

Сәйкесінше:

$$\begin{aligned}
 \mu_1 &= \mu + \eta; & v_1 &= v + \eta; \\
 \mu_2 &= \mu + 2 \cdot \eta; & v_2 &= v + 2 \cdot \eta; \\
 \mu_3 &= \mu + 3 \cdot \eta; & v_3 &= v + 3 \cdot \eta; \\
 \mu_4 &= \mu + 4 \cdot \eta; & v_4 &= v + 4 \cdot \eta;
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

Жүйе күйлерінің соңғы ықтималдығы үшін графтар негізінде (Сурет 3.4) алынған алгебралық теңдеулер төменде көрсетілген:

$$\begin{aligned}
 \lambda \cdot P_0 &= \mu_1 \cdot P_{12}; \\
 (\lambda + \mu_1) \cdot P_{12} &= v_1 \cdot P_{11}; \\
 (\lambda + v_1) \cdot P_{11} &= \lambda \cdot P_0 + \mu_2 \cdot P_{22};
 \end{aligned}
 \tag{3.22}$$

Эрлангтық ЖҚКЖ жағдайларының ықтималдығы келесідей анықталады (Сурет 3.4):

$$\begin{aligned}
 P_{1e} &= P_{11} + P_{12}; \\
 P_{2e} &= P_{21} + P_{22}; \\
 P_{3e} &= P_{31} + P_{32}; \\
 P_{4e} &= P_{41} + P_{42}.
 \end{aligned}$$

Тұрақты режимдегі ЖҚКЖ негізгі сипаттамалары:

$$P_L = 1 - P_{отк};$$

$$P_{отк} = P_{4e} - \frac{1}{2} \cdot (P_{12} + P_{22} + P_{32});$$

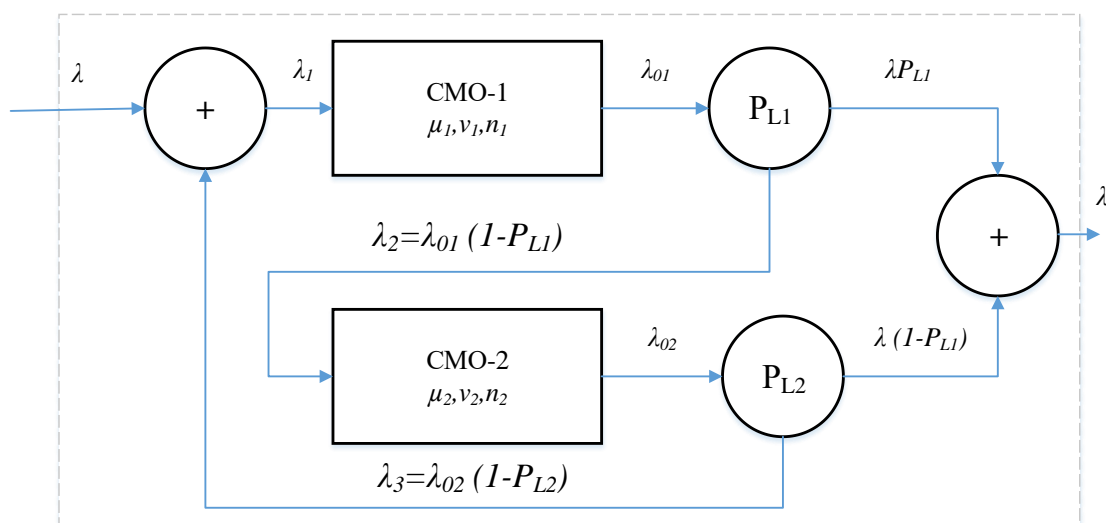
$$\bar{k} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 1 \cdot P_{2e} + 1 \cdot P_{3e} + 1 \cdot P_{4e});$$

$$\bar{r} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{r=1}^3 r \cdot P_{(1+r)} = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{2e} + 2 \cdot P_{3e} + 3 \cdot P_{4e}).$$
(3.23)

ТЖ АЖ салдарының әр түрлі сипаты көбінесе әр түрлі жою бөлімшелерін бірдей емес өнімділікпен бір мезгілде қолдануды талап етеді. Мысалы, ҚО зиянды заттардың төгілуінің немесе төгілуінің салдарын жоятын ликвидаторлар, әдетте, зақымдалған ЖҚ-ды ТЖ АЖ орнынан алып тастайтын бөлімшелерге қарағанда төмен жылдамдықпен жұмыс істейді. Сол сияқты, мысалы, байланыс желісін, дабыл беру, орталықтандыру және бұғаттау құрылыстары мен құрылғыларын қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу байланыстың жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын және байланыс желісінің қалпына келтіру құралдарын қолдануды талап етеді.

Жоғарыда айтылғандарға қарамастан, жою бөлімшелерінің жедел байланысын Марковтық немесе марковтық емес типтегі ЖҚКЖ ретінде ұсынуға болады, олар әр түрлі өнімділікке қызмет көрсету арналарының белгілі бір санымен басымдықсыз, жалпы, гетерогенді талаптардың ағындарына қызмет ете алады.

Жою бөлімшелерінің кең таралған жедел қосылыстарының жұмысын модельдейтін жаппай қызмет көрсету жүйелерінің желісін қарастырайық. Желілік жүйелердің сызбалық модельдері (Сурет 3.5-3.7) көрсетілген. ЖҚКЖ желісінің кірісіне λ параметрі бар талаптардың пуассондық ағыны келеді (Сурет 3.5).



Сурет 3.5 – ЖҚКЖ -1-де біртекті талаптарды өңдейтін және қайта қызмет көрсететін ЖҚКЖ сызбасы

ЖҚКЖ-1 кіріс ағынының талаптарын алдын ала өңдеуді жүзеге асырады. P_{L1} ықтималдықпен талаптарға қызмет көрсетіледі және ЖҚКЖ қалдырады. $P_{омк} = 1 - P_{L1}$ ықтималдықпен, ЖҚКЖ-1-ден бас тартқан талаптар қайта қызмет көрсету үшін ЖҚКЖ-2-ге түседі. ЖҚКЖ-2-де қызмет көрсетілген талаптар ЖҚКЖ қалдыру P_{L2} ықтималдығы жоғары. Сурет 3.5-тен келесі қатынастар бар екенін көруге болады:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_{01}; \quad \lambda_2 = \lambda_{02}; \\ \lambda_2 &= \lambda_{01} \cdot (1 - P_{L1}) = \lambda \cdot (1 - P_{L1}) = \lambda \cdot P_{омк}; \\ \lambda_{02} &= \lambda_{01} \cdot (1 - P_{L1}) \cdot P_{L2}^{-1} = \lambda \cdot P_{омк} \cdot P_{L2}^{-1}; \\ \lambda_{03} &= \lambda_{02} \cdot (1 - P_{L2}) = \lambda \cdot (1 - P_{L1}) \cdot (1 - P_{L2}) \cdot P_{L2}^{-1} = \lambda \cdot P_{омк} \cdot P_{омк1} \cdot P_{L2}^{-1}. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Мұндай ЖҚКЖ стационарлық жұмысының шарттарын келесідей теңдеумен жазуға болады:

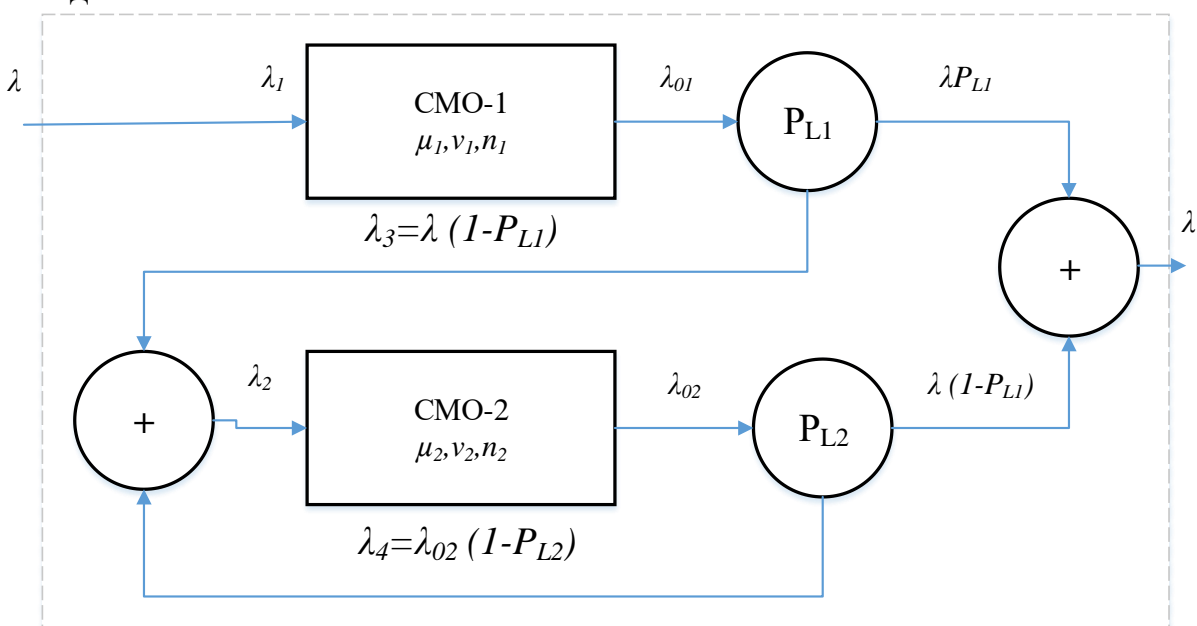
$$\omega_1 = \frac{\lambda}{n_1 \cdot (\mu_1 + v_1)} < 1; \quad \omega_2 = \frac{\lambda \cdot P_{омк}}{n_2 \cdot (\mu_2 + v_2)} < 1; \quad (3.25)$$

Өтінімді ЖҚКЖ өңдеудің орташа уақыты келесідей:

$$\bar{t} = (\bar{t}_{смо1} + \bar{t}_{смо2}) \cdot P_{L2}^{-1}; \quad (3.26)$$

мұндағы $\bar{t}_{смо1,2} = \bar{t}_{снст1,2} = \frac{0,5}{\lambda} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 1 \cdot P_{2e} + \dots + (m + \chi) \cdot P_{(m+\chi)})$

Сурет 3.5 көрсетілген ЖҚКЖ сызбасынан Сурет 3.6 көрсетілген ЖҚКЖ айырмашылығы: ЖҚКЖ-2-де талаптарға қайта қызмет көрсету жүзеге асырылады. ЖҚКЖ желісінің кірісіне λ қарқындылығы бар талаптар ағыны келеді. Техникалық қызмет көрсету ЖҚКЖ-1 және ЖҚКЖ-2-де орындалатын екі дәйекті фазадан тұрады, олар ЖҚКЖ желісінің құрамдас бөліктері болып табылады.



Сурет 3.6 – Біртектес талаптарды өңдейтін және ЖҚКЖ-2-де қайта қызмет көрсететін ЖҚКЖ сызбасы [12]

ЖҚКЖ-1-де кіріс ағынының талаптарына алдын-ала қызмет көрсетеді. P_{L1} ықтималдықпен талаптарға қызмет көрсетіледі (ТЖ АЖ салдарлары жойылады) және ЖҚКЖ-нен кетеді. $P_{отк1} = (1 - P_{L1})$ ықтималдықпен, ЖҚКЖ-1-дегі қызмет көрсетуден бас тартылған талаптар қайта қызмет көрсету үшін ЖҚКЖ-2-ге түседі.

P_{L1} ықтималдықпен талаптарға ЖҚКЖ-2-де қызмет көрсетіледі және ЖҚКЖ шығып кетеді. ЖҚКЖ-2-де қызмет көрсетілмеген талаптар қайта қызмет көрсету үшін ЖҚКЖ-2 кірісіне қайтарылады.

Сызба мынаны көрсетеді (Сурет 3.6):

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_1 = \lambda_{01}; \quad \lambda_{01} \cdot P_{\lambda 1} = \lambda; \quad \lambda_2 = \lambda_{02}; \\ \lambda_2 &= \lambda_{02} = \lambda \cdot (1 - P_{L1}) \cdot P_{L2}^{-1} = \lambda \cdot P_{отк1} \cdot P_{L2}^{-1}; \\ \lambda_3 &= \lambda \cdot (1 - P_{L1}) = \lambda \cdot P_{отк1}; \\ \lambda_4 &= \lambda \cdot (1 - P_{L1}) \cdot (1 - P_{L2}) \cdot P_{L2}^{-1} = \lambda \cdot P_{отк1} \cdot P_{отк2} \cdot P_{L2}^{-1}. \end{aligned} \quad (3.27)$$

Стационарлық жұмыс үшін ЖҚКЖ ұсынылған (Сурет 3.5) ЖҚКЖ шарттарына ұқсас шарттарды бірлесіп орындауы тиіс.

Талаптардың ЖҚКЖ-1-де болуының (\bar{t}) орташа уақыты келесі формула бойынша айқындалады:

$$\bar{t}_{сист1} = \frac{0,5}{\lambda} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + \dots + (m + \chi) \cdot P_{(m+\chi)}). \quad (3.28)$$

Талаптар ЖҚКЖ-дегі орташа болу уақытын анықтау үшін келесі гипотезаларды қарастырайық:

1) H_1 – ЖҚКЖ келіп түскен талапқа бір рет қызмет көрсетіледі;
 $P(H_1) = P_{L1}$.

2) H_2 – ЖҚКЖ келіп түскен талапқа бірнеше рет қызмет көрсетіледі;
 $P(H_2) = 1 - P_{L1}$.

ЖҚКЖ-да талаптың болу уақытының толық математикалық күтуі:

$$\bar{t} = \bar{t}_1 + \bar{t}_2^{(1)} \cdot (1 - P_{L1}) \cdot P_{L2}, \quad (3.29)$$

мұндағы $\bar{t}_2^{(1)}$ – ЖҚКЖ-дегі бір реттік қызмет көрсетудің орташа уақыты-2.

Төменде қарастырылған ЖҚКЖ-нің ерекшелігі – кіріс Λ Пуассон ағыны белгілі бір ықтималдықпен ұқсас жүйенің ЖҚКЖ-1 және ЖҚКЖ-2 компоненттері арасында бөлінеді.

Λ Пуассондық талаптар ағыны кіретін ЖҚКЖ-ны қарастырайық (Сурет 3.7).

ЖҚКЖ желісіне түскен әрбір талапқа дереу φ ықтималдығы бар бос ЖҚКЖ-1 немесе $(1 - \varphi)$ ықтималдығы бар бос ЖҚКЖ-2 қызмет көрсете бастайды. Бұл дегеніміз, егер $\varphi = 0,5$ болса, талап ЖҚКЖ-1 немесе ЖҚКЖ-2 таңдауы бәрібір болады.

Егер $\varphi = 1$ болса, ЖҚКЖ-1 басымдыққа ие.

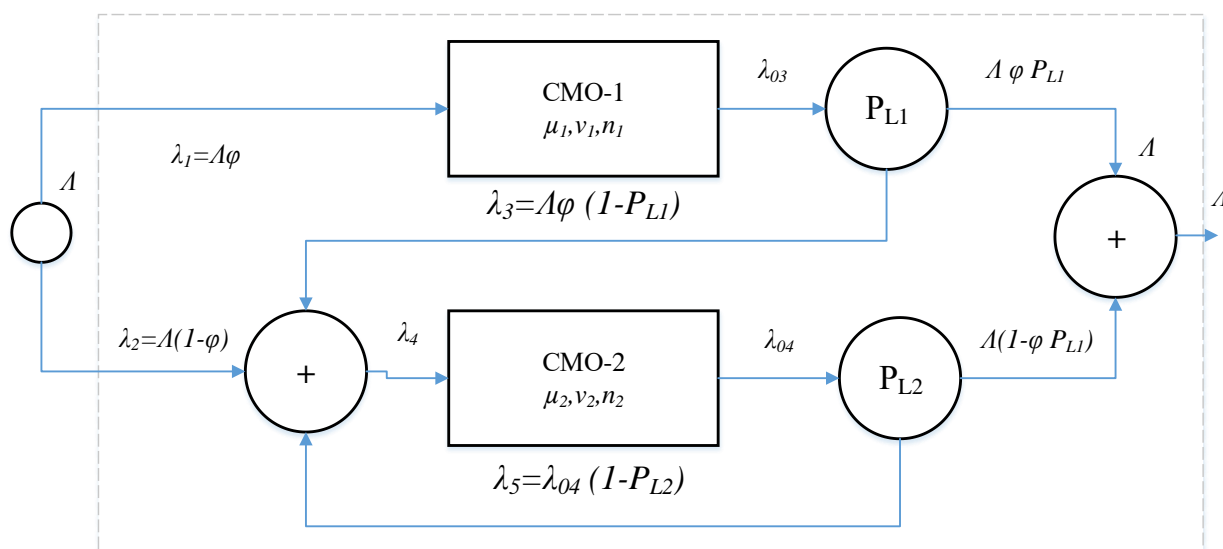
$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = \Lambda \cdot \varphi + \Lambda \cdot (1 - \varphi)$ екендігін көруге болады (Сурет 3.7)

ЖҚКЖ-1-де қызмет көрсетілген талап ЖҚКЖ-ні қалдыру P_{L1} ықтималдығы жоғары.

ЖҚКЖ-1-де қызмет көрсетілмеген талап $(1 - P_{L1})$ ықтималдықпен ЖҚКЖ-2 кірісіне түсуі мүмкін. ЖҚКЖ-де айналып жүретін λ_4 және λ_5 ағындардың ара қатынастары былай анықталады:

$$\lambda_4 = \Lambda \cdot \varphi \cdot (1 - P_{L1}) + \Lambda \cdot (1 - \varphi) = \Lambda \cdot (1 - \varphi \cdot P_{L1}); \quad (3.30)$$

$$\lambda_5 = \Lambda \cdot (1 - \varphi \cdot P_{L1}) \cdot P_{омк2} \cdot P_{L2}^{-1}.$$



Сурет 3.7 – Өртүрлі типтегі талаптарды өңдейтін, ЖҚКЖ-2-де талаптарға қайта қызмет көрсету ағыны бар ЖҚКЖ сызбасы [12]

Стационарлық жұмыс үшін ЖҚКЖ шарттары орындалуы керек:

$$\psi_1 = \frac{\lambda}{n_1 \cdot (\mu_1 + v_1)} < 1; \quad \psi_2 = \frac{\Lambda \cdot (1 - \varphi \cdot P_{L1})}{P_{L2} \cdot n_2 \cdot (\mu_2 + v_2)} < 1; \quad (3.31)$$

ЖҚКЖ талаптың болу уақытының толық математикалық күтуі келесідей болады:

$$\bar{t} = \bar{t}_1 + \bar{t}_2^{(1)} \cdot \Lambda \cdot (1 - \varphi \cdot P_{L1}) \cdot P_{L2}^{-1}. \quad (3.32)$$

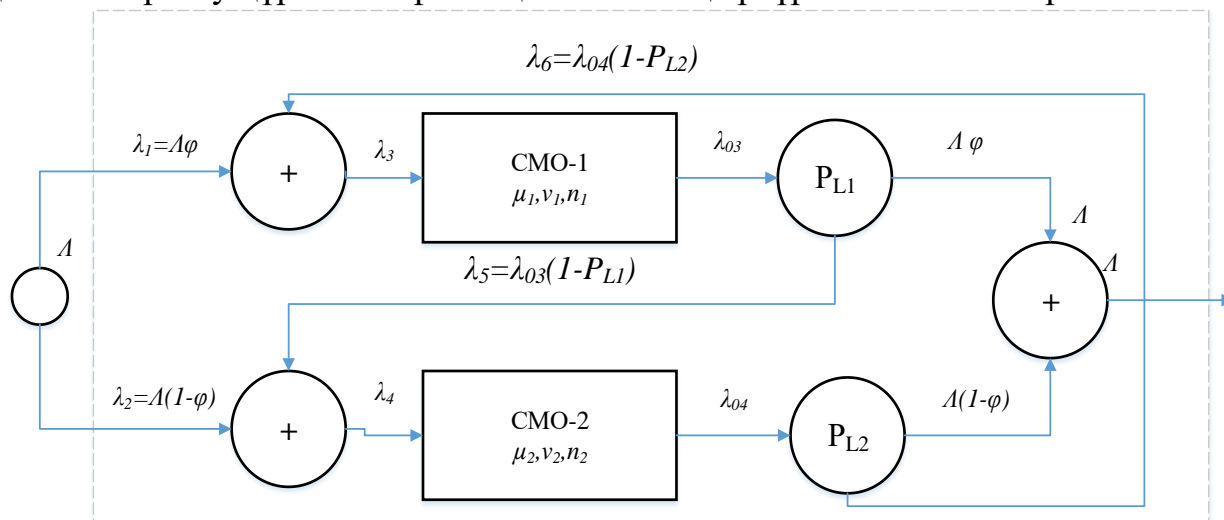
Талаптарды өңдеудің келесі циклдарында:

$$\lambda_4^1 = \Lambda \cdot (1 - \varphi \cdot P_{L1}) \left(1 + \frac{P_{омк2}}{P_{L2}} \right). \quad (3.33)$$

Көрсетілген ЖҚКЖ желісіне (Сурет 3.8) тән ерекшелік: ЖҚКЖ-2-де өңделмеген талаптар ағыны қайта өңдеу үшін ЖҚКЖ-1 кірісіне қайтарылады.

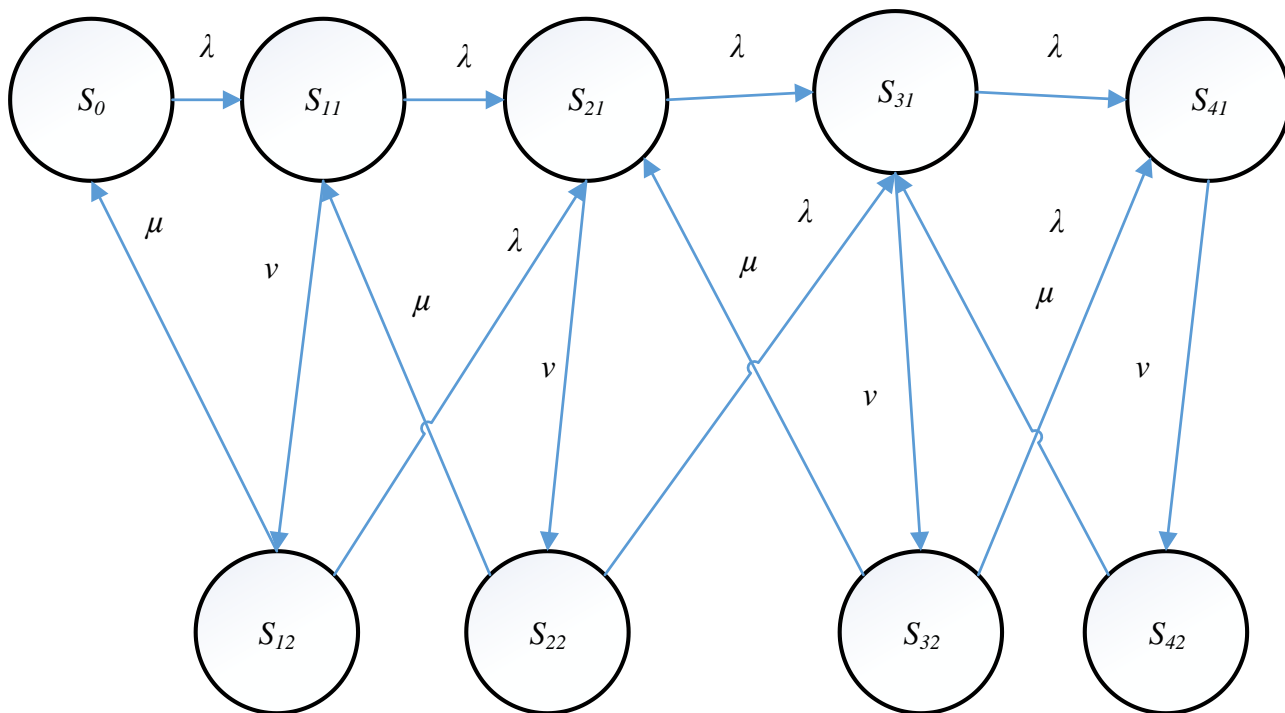
Сурет 3.8 көрсетілген ЖҚКЖ желісінде қайта қызмет көрсетуге қойылатын талаптар ағындары, егер оларға осы жаппай қызмет көрсету жүйелерінде қызмет көрсетілмесе, ЖҚКЖ-1 және ЖҚКЖ-2 кірістеріне түседі.

Жоғарыда қарастырылған ЖҚКЖ компоненттері, яғни ЖҚКЖ-1 және ЖҚКЖ-2 μ өнімділіктің, ν шоғырлану қарқындылығының және техникалық қызмет көрсету құрылғыларының n санының әртүрлі сипаттамаларына ие .



Сурет 3.8 – Әртүрлі типтегі талаптарды өңдейтін, ЖҚКЖ-2-дегі талаптарға қайта қызмет көрсету ағыны ЖҚКЖ-1-де өтетін ЖҚКЖ сызбасы[12]

ЖҚКЖ жұмысының мысалын қарастырайық (Сурет 3.5), оның құрамдас бөліктері ЖҚКЖ: $M/E_2/1/3$ ЖҚКЖ-1 және $M/E_2/2/2$ ЖҚКЖ-2. Сурет 3.9-да ЖҚКЖ-1 күйлерінің графы көрсетілген.



Сурет 3.9 –ЖҚКЖ-1 $M/E_2/1/3$ күйлерінің графы [12]

ЖҚКЖ-1 күйлерінің соңғы ықтималдығы үшін алгебралық теңдеулер төменде көрсетілген (Сурет 3.9):

$$\begin{aligned}
 \lambda \cdot P_0 &= \mu \cdot P_{12}; \\
 (\lambda + \nu) \cdot P_{11} &= \lambda \cdot P_0 + \mu \cdot P_{22}; \\
 (\lambda + \mu) \cdot P_{12} &= \nu \cdot P_{11}; \\
 (\lambda + \mu) \cdot P_{21} &= \lambda \cdot P_{11} + \mu \cdot P_{32} + \lambda \cdot P_{12}; \\
 (\lambda + \mu) \cdot P_{22} &= \nu \cdot P_{21}; \\
 (\lambda + \nu) \cdot P_{31} &= \lambda \cdot P_{21} + \mu \cdot P_{42} + \lambda \cdot P_{22};
 \end{aligned} \tag{3.34}$$

Тұрақты режимдегі ЖҚКЖ-1 негізгі сипаттамалары:

$$\begin{aligned}
 P_{L1} &= 1 - P_{omk1}; \\
 P_{omk1} &= P_{4e} - \frac{1}{2} \cdot (P_{12} + P_{22} + P_{32});
 \end{aligned} \tag{3.35}$$

Кезектегі (\bar{r}_1) және жүйедегі (\bar{s}_1) талаптардың орташа саны формулалардан айқындалады:

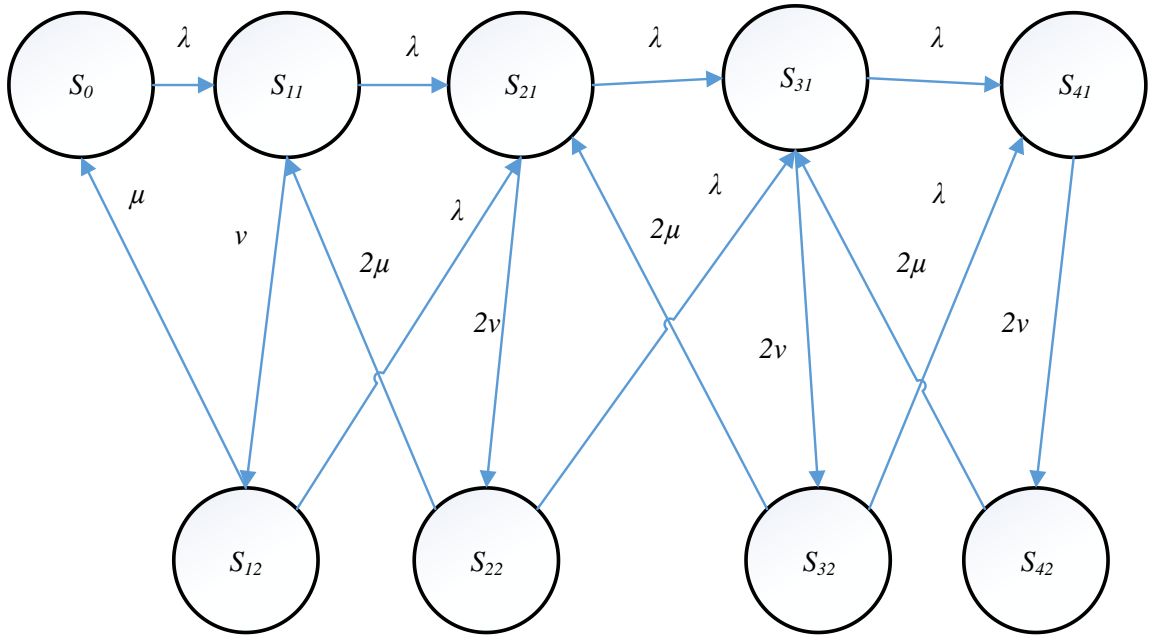
$$\begin{aligned}
 \bar{r}_1 &= \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{2e} + 2 \cdot P_{3e} + 3 \cdot P_{4e}); \\
 \bar{s}_1 &= \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + 3 \cdot P_{3e} + 4 \cdot P_{4e}).
 \end{aligned} \tag{3.36}$$

Кезектегі талаптардың орташа болу уақыты (\bar{t}_{oc}) және жүйедегі талаптардың орташа болу уақыты (\bar{t}_{cuc1}) келесідей анықталады:

$$\begin{aligned}
 \bar{t}_{oc} &= \bar{r}_1 \cdot \lambda^{-1}; \\
 \bar{t}_{cuc1} &= \bar{s}_1 \cdot \lambda^{-1}.
 \end{aligned} \tag{3.37}$$

Жұмыспен қамтылған қызмет көрсету құралдарының орташа саны келесідей анықталады:

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 1 \cdot P_{2e} + 1 \cdot P_{3e} + 1 \cdot P_{4e}). \tag{3.38}$$



Сурет 3.10 – ЖҚКЖ-2 $M/E_2/2/2$ күйлерінің графы [12]

ЖҚКЖ-2 күйлерінің соңғы ықтималдығы үшін алгебралық теңдеулер төменде көрсетілген (Сурет 3.10):

$$\begin{aligned}
 \lambda \cdot P_0 &= \mu \cdot P_{12}; \\
 (\lambda + \nu) \cdot P_{11} &= \lambda \cdot P_0 + 2 \cdot \mu \cdot P_{22}; \\
 (\lambda + \mu) \cdot P_{12} &= \nu \cdot P_{11}; \\
 (\lambda + 2 \cdot \nu) \cdot P_{21} &= \lambda \cdot P_{11} + 2 \cdot \mu \cdot P_{32} + \lambda \cdot P_{12}; \\
 (\lambda + 2 \cdot \mu) \cdot P_{22} &= 2 \cdot \nu \cdot P_{21}; \\
 (\lambda + 2 \cdot \nu) \cdot P_{31} &= \lambda \cdot P_{21} + 2 \cdot \mu \cdot P_{42} + \lambda \cdot P_{22}; \\
 (\lambda + 2 \cdot \mu) \cdot P_{32} &= 2 \cdot \nu \cdot P_{31}; \\
 2 \cdot \nu \cdot P_{41} &= \lambda \cdot P_{31} + \lambda \cdot P_{32}; \\
 2 \cdot \mu \cdot P_{42} &= 2 \cdot \nu \cdot P_{41};
 \end{aligned} \tag{3.39}$$

$$P_0 + P_{11} + P_{12} + P_{21} + P_{22} + P_{31} + P_{32} + P_{41} + P_{42} = 1.$$

Эрлангтық ЖҚКЖ-2 күйлерінің ықтималдығы келесідей анықталады:

$$\begin{aligned}
 P_{1e} &= P_{11} + P_{12}; \\
 P_{2e} &= P_{21} + P_{22}; \\
 P_{3e} &= P_{31} + P_{32}; \\
 P_{4e} &= P_{41} + P_{42}.
 \end{aligned} \tag{3.40}$$

Тұрақты режимдегі ЖҚКЖ-2 негізгі сипаттамалары:

$$P_{L2} = 1 - P_{отк2}; \tag{3.41}$$

$$P_{отк2} = P_{4e} - \frac{1}{2} \cdot (P_{12} + P_{22} + P_{32});$$

Кезектегі (\bar{r}_2) және жүйедегі (\bar{s}_2) талаптардың орташа саны формулалардан айқындалады:

$$\bar{r}_2 = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{2e} + 2 \cdot P_{3e} + 3 \cdot P_{4e}); \quad (3.42)$$

$$\bar{s}_2 = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + 3 \cdot P_{3e} + 4 \cdot P_{4e}).$$

Талаптардың кезектегі (\bar{t}_{oc2}) орташа болу уақыты және талаптардың (\bar{t}_{cuc2}) жүйедегі орташа болу уақыты келесідей анықталады:

$$\begin{aligned} \bar{t}_{oc2} &= \bar{r}_2 \cdot \lambda^{-1}; \\ \bar{t}_{cuc2} &= \bar{S}_2 \cdot \lambda^{-1}. \end{aligned} \quad (3.43)$$

Жұмыспен қамтылған қызмет көрсету құралдарының орташа саны келесідей анықталады:

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot P_{1e} + 2 \cdot P_{2e} + 2 \cdot P_{3e} + 2 \cdot P_{4e}). \quad (3.44)$$

Бағдарламалық жасақтама пакетін (Сурет 3.10) пайдаланып, ұсынылған ЖҚКЖ (Сурет 3.8) зерттеу жүргізілді. ЖҚКЖ компоненттері сызбаларына (Сурет 3.9 және Сурет 3.10) сәйкес қабылданады: $M/E_2/1/3$ ЖҚКЖ-1 және $M/E_2/2/2$ ЖҚКЖ-2.

Компьютерлік модельдеу бойынша алынған нәтижелер (Сурет 3.11, Кесте 3.1) көрсетілген.

Формальное описание действий аварийных подразделений при временных ограничениях (Модели СМО)

Многоканальная модель СМО с ожиданием | Модель замкнутой СМО | Модель замкнутой СМО для нескольких рабочих | Сводный результат

lambda 2.5
t 0.5
n 3
m 3
 очередь

Расчет | Выход

Параметр потока обслуживания(mu):
2

Приведенная интенсивность потока заявок(ro):
1.25

Вероятность того, что все посты свободны(p0):
0.278606365174129

Вероятность отказа системы(все посты заняты, все места в очереди заняты)(protk):
0.00656050140885081

Вероятность занятости каждого из 3 постов:
P1=0.348258706467662
P2=0.217661631542289
P3=0.0906923714759536

Среднее число занятых каналов в ходе ликвидации ЖД аварии(omega):
1.0556592039801

Среднее число заявок, связанных с системой(k):
1.0556592039801

Среднее время ожидания заявки в очереди в ходе ликвидации ЖД аварии(tog):
0

Средняя продолжительность пребывания заявки в системе в ходе ликвидации ЖД аварии(tsr):
0.5

Сурет 3.11– Уақыт шектеулері бар болған жағдайдағы апаттық бөлімшелердің іс-қимылдарын есептеу мысалы (ЖҚКЖ моделдері) [12]

Алынған модельдеу нәтижелері ЖҚКЖ-де талаптарды q өңдеу циклдарының ұлғаюы кезінде жүйеде P_L мөлшері мен \bar{t}_{cuc} орташа болу уақытының төмендейтіндігін көрсетеді.

Бұл ЖҚКЖ параметрлерінің төмендеуі келесі талаптарды өңдеу циклдарындағы $\lambda_{1,q+1}$ кіріс ағынының ұлғаюына байланысты болады. $\lambda_{1,q+1}$ параметр формула бойынша анықталады:

$$\lambda_{1,q+1} = \lambda \cdot \left(1 + \frac{P_{omk1} \cdot P_{omk2}}{P_{L2}} \right). \quad (3.45)$$

ЖҚКЖ-не кірудегі кіріс ағынының ұлғаюы жұмыс істейтін қызмет көрсету арналарының орташа санының және кезектегі талаптардың санының артуына байланысты ЖҚКЖ-1 және ЖҚКЖ-2-де істен шығу ықтималдығының артуына әкеледі, бұл P_L шамалардың азаюына әкеледі.

$\nu = 0,4$ болғанда μ шаманың 25%-дан 33%-ға дейін ұлғаюы жою жұмыстарын жүргізудің $\lambda_{1,q+1}$ жиынтық уақытының шамамен 11%-дан 16%-ға дейін төмендеуіне әкеледі. $\nu = 0,7$ болса, мұндай жұмыстарды жүргізу уақытының азаю диапазоны 12%-дан 15,5%-ға дейін болады.

Жою бөлімшелерінің шоғырлану ν қарқындылығының шамасы 40-43%-ға ұлғайған кезде, тиісті μ мәндермен осы жұмыстарды сәтті жүргізу ықтималдығы P_L мәндерінің ауқымы едәуір кеңейеді. Сонымен $\nu = 0,7$, $\mu = 0,4$ болса, P_L диапазон $0,81 \leq P_L \leq 0,96$ тең болады, ал $\nu = 0,4$, $\mu = 0,4$ ол $0,53 \leq P_L \leq 0,68$ тең болады.

Диссертацияның алдыңғы тарауында ҚЖ бар типтік ТЖ АЖ дамуының мүмкін процестерінің алгоритмдері және осындай жағдайлардың қауіпті факторларының параметрлерін анықтау алгоритмдері қарастырылды, бұл ТЖ АЖ-нің ҚО-ға, объектілерге, ЖҚ-ға, әртүрлі қауіпті аймақтардағы ықтимал қауіпті объектілерге әсер ету ауқымы мен сипатын анықтауға мүмкіндік береді.

ТЖ АЖ пайда болған жағдайда ҚЖ-ді тасымалдау кезінде темір жол жүйесінің жай-күйін модельдеу, мұндай жағдайлардың ҚО-ға әсері, сондай-ақ осындай жағдайлардың салдарын оқшаулау және жою кезінде жою бөлімшелерінің жұмысын модельдеу нәтижелері мұндай жағдайлардың қоршаған ортаға теріс әсер ету ықтималдығын анықтауға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты ТЖ АЖ ҚО-ға әсерін, яғни құнын өлшеуді ескере отырып, осындай ТЖ АЖ-нің қоршаған ортаға зиян келтіру қаупін кешенді бағалау қажеттілігі туындайды. Мұндай тәуекелді белгілі формулаларға негізделген интегралды формула бойынша анықтау ұсынылады [20, 82 б.]:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i \cdot P_j(i) \cdot U_i, \quad (3.46)$$

мұндағы P_i – жоғарыда анықталған ҚО-ның ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсерінде болу ықтималдығы;

$P_j(i)$ – x жою j – бөлімшелерінің i – ұтымсыз әрекеттері нәтижесінде

ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету ықтималдығы. [89]

$$U_i = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_j, \quad (3.47)$$

мұндағы H_i және C_j [68, 207-б.] баяндалғанынан өзгеше келесідей түсіндірілуі керек:

H_i – i – жағдайдағы қауіпті факторлар әсер ететін компоненттердің (адамдар, ауа, су, топырақ, жылжымалы құрам, құрылыстар және т. б.) саны;

C_j – тікелей немесе жанама түрде анықталатын қауіпті факторлар әсер ететін компонент бірлігінің құны.

Жоғарыда келтірілген формулалар төтенше жағдайлардың қоршаған ортаға әсерін бағалау үшін оларды практикалық қолдануға мүмкіндік береді, мысалы, қоршаған ортаға зиян келтіре отырып, ТЖ АЖ салдарын жою бойынша шешімдер қабылдауды қолдау жүйелерінде қолданылады.

Кесте 3.1 – Апатты жою бөлімшелерінің ТЖ АЖ орнында шоғырлану қарқындылығының әртүрлі мәндері кезінде ЖҚКЖ жұмыс істеу нәтижелері туралы есептеулердің деректері

q	ν	μ	\bar{t}_c	P_L	μ	\bar{t}_c	P_L	μ	\bar{t}_c	P_L
1	0,4	0,2	12,3	0,451	0,3	9,71	0,571	0,4	8,11	0,681
2	0,4	0,2	9,0	0,362	0,3	7,71	0,462	0,4	7,11	0,571
3	0,4	0,2	8,7	0,351	0,3	7,61	0,451	0,4	7,01	0,551
4	0,4	0,2	8,5	0,350	0,3	7,50	0,450	0,4	6,80	0,541
$\sum_1^4 \bar{t}_c$			38,621		32,541		29,012			
P_L			$0,352 \leq P_L \leq 0,453$		$0,453 \leq P_L \leq 0,572$		$0,541 \leq P_L \leq 0,682$			

q	ν	μ	\bar{t}_c	P_L	μ	\bar{t}_c	P_L	μ	\bar{t}_c	P_L
1	0,7	0,2	9,81	0,601	0,3	7,01	0,801	0,4	5,81	0,951
2	0,7	0,2	7,82	0,442	0,3	6,41	0,662	0,4	5,61	0,821
3	0,7	0,2	7,61	0,431	0,3	6,01	0,641	0,4	5,41	0,801
4	0,7	0,2	7,41	0,420	0,3	5,80	0,640	0,4	5,30	0,798
$\sum_1^4 \bar{t}_c$			32,612		25,211		22,101			
P_L			$0,421 \leq P_L \leq 0,601$		$0,642 \leq P_L \leq 0,803$		$0,804 \leq P_L \leq 0,957$			

3.3. Үшінші бөлім бойынша қорытындылар

Диссертацияның үшінші бөлімінде «қоршаған орта – апаттық объект – жою бөлімшелері» жүйесінің жұмыс істеу үрдістерін ресми сипаттау үшін жаппай қызмет көрсету жүйелері (ЖҚКЖ) теориясының әдістерін қолдану мүмкіндігі негізделген.

Осы парадигма негізінде келесі нәтижелер алынды:

1. Алғаш рет теміржол көлігінің функционалды ішкі жүйесінің құрылымдық бөлімшелерінің апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуін ұйымдастырудың әртүрлі сызбаларын негіздеу және модельдеу үшін, осындай бөлімшелердің желілік жүйелерін (қосылыстарын) қалыптастыру, оларды қажетті ресурстармен қамтамасыз ету, осындай бөлімшелердің іс-әрекеттерінің тиімділігін болжау және бағалау үшін жаппай қызмет көрсету теориясының классикалық әдістерін және осы әдістердің бейімделген нұсқаларын қолдану мүмкіндігі дәлелденді.

2. Алғаш рет ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету қарқындылығы, келу уақыты, орналастыру және жою бөлімшелерінің іс-қимылдарының өнімділігі және ТЖК тасымалданатын қауіпті жүктерден қоршаған ортаға залалды барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасында сандық арақатынас белгіленді. [89]

3. ТЖ АЖ салдарларының қоршаған ортаға теріс әсерін едәуір азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің шоғырлану уақытын қысқарту және қажетті өнімділік күштері мен құралдарын қолдану кезінде мүмкін болатындығы дәлелденді. Ал шоғырлану уақытының артуы осындай күштер мен құралдардың өнімділігін бірнеше есе арттыруды талап етеді. [89]

4. Есептеу эксперименттері барысында егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары оның сипатына сәйкес келмесе және/немесе өте өнімсіз болса, онда оларды жою орнына уақтылы шоғырландырса да, олар тиімді болмайтыны анықталды. Немесе, егер жою құралдары жеткілікті тиімді болса да, бірақ оларды осы жағдайдың пайда болу орнына шоғырландыру кеш болса да, олар да нәтиже бермейді. [89]

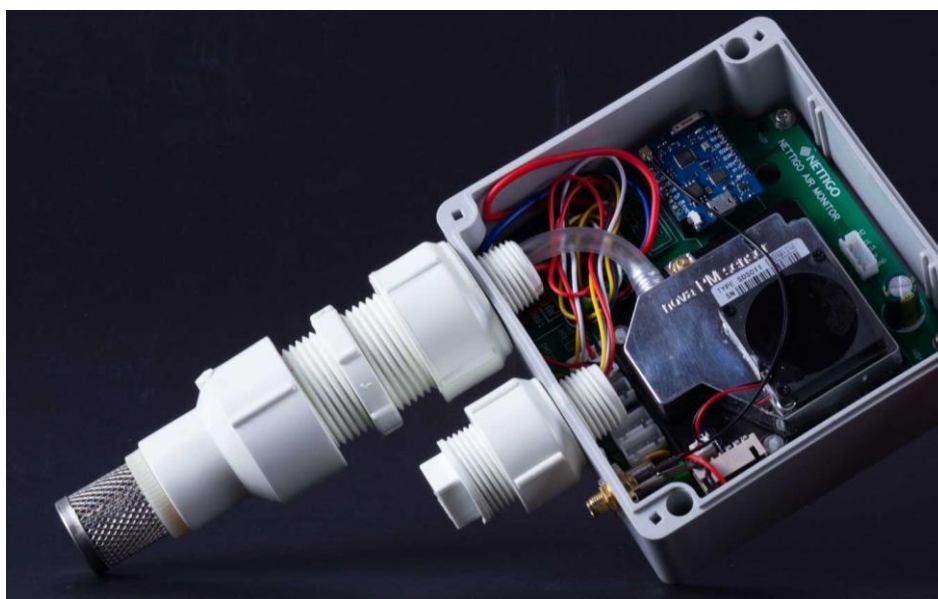
5. Диссертациялық жұмыстың төртінші бөлімінде ТЖК-дегі төтенше жағдайлар немесе техногендік апаттар орындарында пайдаланылуы мүмкін ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) іске асыру нәтижелері сипатталатын болады. Бұл АСММАЖ жұмыстың 2 және 3 тарауларында ұсынылған, әзірленген модельдермен бірге қоршаған ортаның ластануымен қатар жүретін ТЖ АЖ орындарында ауа сапасының автоматты мониторингі жүйесін іске асыруға мүмкіндік береді. [89]

Бұл бөлім [69], [70], [71] жұмыстарында қарастырылған.

4 ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ТЕХНОГЕНДІК АПАТ ОРЫНДАРЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АУА САПАСЫН МОНИТОРИНГІЛЕУДІҢ МОБИЛЬДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН (АСММАЖ) ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ

4.1. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін (АСММАЖ) іске асыру

АСММАЖ прототипі ретінде SaveEcoSensor «температура-ылғалдылық-қысым» интеграцияланған датчигі [72] қабылданды, бұл ауа-райына байланысты алынған ақпаратты автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді (Сурет 4.1).



Сурет 4.1 – SaveEcoSensor ауа сапасын бақылау станциясы [72]

SaveEcoSensor мониторинг станциясының құрамдас бөліктері:

- SDS011 тозаңөлшегіш;
- Wemos D1 mini V2 Pro контроллері;
- BME280 температура, ылғалдылық және қысым сенсорлары;
- пластикалық корпус;
- қуат көзі.

Құрылғы әр 145 секунд сайын өлшеулер жүргізеді және деректерді Wi-Fi арқылы тікелей онлайн ресурстарға жібереді.

Кез келген адам сенсор қосып, онлайн-ресурстар ретінде OpenSenseMap ашық карта қолдана отырып, мұнда деректерді жариялай алады.

Диссертациялық зерттеу аясында жобаланған АСММАЖ прототипі Arduino миниатюралық тақталарының бірі – Arduino Nano платформасында жасалған [73, 74]. Бұл тақта оның сыртқы шағын өлшемдеріне қарай таңдалып, көбінесе ықшамдылық маңызды жобаларда қолданылады [89]. Тақта Сурет 4.2

көрсетілген. Arduino Nano USB (miniUSB немесе microUSB) арқылы жұмыс істейді. Басқа өлшемдер Arduino Uno моделіне сәйкес келеді.

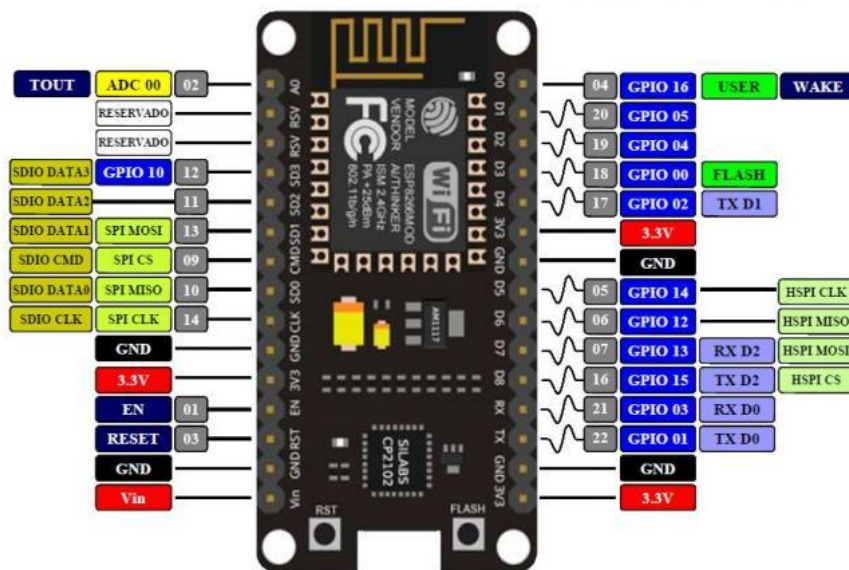


Сурет 4.2 – Arduino Nano микроконтроллерінің тақтасы [73]

Сыртқы көзді тұрақтандыру 5В сәйкес LM1117IMP-5.0 сызбасы арқылы жүзеге асырылады. Компьютер кабелі арқылы тұрақтандырғышқа қосылу Шоттки диоды арқылы жүреді.

Барлық сандық және аналогтық контактілер 0-ден 5 В-қа дейінгі аралықта жұмыс істейді. Параметрлері осы мәндерден асып кететін қуат беру кезінде кернеу қорғаныс диодтарымен шектеледі. Бұл жағдайда контроллерді істен шығармау үшін сигнал резистор арқылы қосылуы керек. Токтың ең үлкен мәні 40 мА аспауы керек, ал контактілердің жалпы тогы 200 мА аспауы керек.

Сондай-ақ, АСММАЖ-де ESP8266 [75]– Wi-Fi интерфейсі бар қытайлық Espressif өндірушісінің микроконтроллері қолданылды (Сурет 4.3).



Сурет 4.3– ESP 8266 микроконтроллеріне негізделген NodeMCU тақтасы [75]

Микроконтроллер Wi-Fi-дан басқа, SPI интерфейсі бар сыртқы флэш-жадыдағы бағдарламаларды орындай алады.

Микроконтроллердің пайдаланушыға арналған кристалда орнатылған энергияға тәуелсіз жады жоқ. Бағдарламаны орындау бағдарламаның қажетті бөліктерін Нұсқаулық КЭШіне динамикалық түрде жүктеу арқылы сыртқы SPI Тұрақты есте сақтау құрылғысы жүзеге асырады. Бағдарламалардың 16 МБ дейін сыртқы жадына қолдау көрсетіледі.

ESP8266 кіру нүктесі де, терминал станциясы ретінде де жұмыс істей алады. Жергілікті желі қалыпты жұмыс істеп тұрған кезде ESP8266 соңғы нүкте режиміне орнатылады. Бұл құрылғы үшін Wi-Fi желісінің SSID-ін және жабық желілерде кіру паролін орнату керек. «Кіру нүктесі» режимі осы параметрлерді бастапқы күйге келтіруге ыңғайлы. Кіру нүктесі режимінде құрылғы планшеттер мен компьютерлерде стандартты желілік іздеу кезінде көрінеді. Тек жергілікті пайдалану жағдайында құрылғыны әрқашан кіру нүктесі режимінде қалдыруға болады, бұл орнатуды жеңілдетеді.

Белгілі бір материалдарды тасымалдау кезінде радиоактивті заттардың шашырауы мүмкін болатындықтан, АСММАЖ Гейгер есептегішімен жабдықталған (Сурет 4.4). [89]



Сурет 4.4 – Иондаушы сәулелену Детекторы [75]

АСММАЖ-нің бұл модулі дозиметрді Arduino контроллері негізінде жинауға мүмкіндік берді. АСММАЖ модулі қолданыстағы Гейгер датчиктерінің көпшілігімен үйлесімді. Кеңейту тақтасы сәулеленуді дыбыстық және визуалды көрсету жүйесімен жабдықталды.

Жиналған құрылғыны теміржол апаты болған жерде қауіпті радиациялық деңгейлер мен радиоактивті материалдардың жоғары дәлдіктегі детекторы ретінде пайдалануға болады.

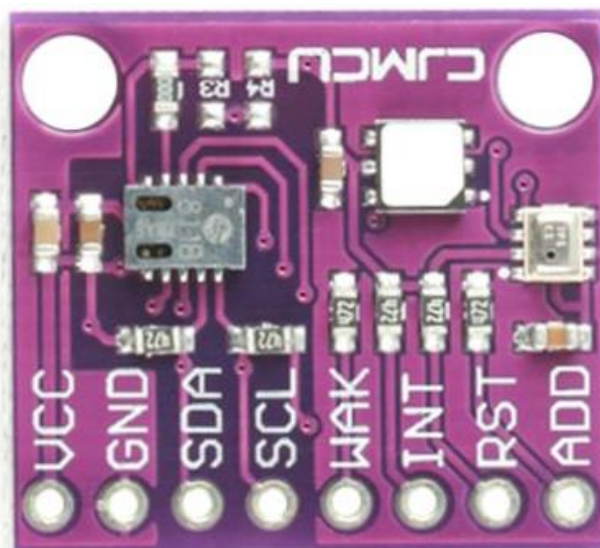
АСММАЖ-де шаң деңгейін бақылау үшін оптикалық шаң датчигі – жеке сенсор пайдаланылды [76]. GP2Y1010AU0F оптикалық датчигі ауаның шаң немесе түтін дәрежесін (0.6 мг/м³ дейін) өлшеуге арналған (Сурет 4.5).

Датчиктің жұмыс принципі фотодатчиктің өлшенетін ортадағы жарық диодының инфрақызыл дисперсиясы дәрежесін өлшеуіне негізделген. Өлшеу импульстік режимде жүзеге асырылады. Бұл қуат көзінен тұтынылатын тоқты азайтады.



Сурет 4.5– GP2Y1010AU0F оптикалық шаң датчигі [76]

Ауа датчигінің модулінде көптеген ауа параметрлерін өлшейтін ССИ811, Si7021 және ВМЕ280 датчиктерінің жиынтығы пайдаланылған (Сурет 4.6).



Сурет 4.6 – ТЖ апаты болған жердегі ауа сапасы бақылау датчиктерінің модулі [76]

Arduino датчиктерге қосылу үшін I2C тізбектелген интерфейсі қолданылды.

Кірістірілген CCS811 сенсоры датчиктің белсенді өлшеу кезінде күту режимін төмен қуатты тұтыну үшін оңтайландырылған бірнеше өлшеу режимдерін қолдайды [77].

АСММАЖ бағдарламалық жасақтамасы Arduino жасақтау ортасында жүзеге асырылды. Arduino интеграцияланған жасақтау ортасы – бұл Java-дағы кроссплатформалық қосымша. Жасақтау ортасына мыналар кіреді (Сурет 4.7):

- 1) код редакторы;
- 2) компилятор;
- 3) микробағдарламаны тақтаға бекіту модулі.

Жасақтау ортасы Processing бағдарламалау тіліне негізделген. Бағдарламалау тілі Wiring (кейбір кітапханалары толықтырылған C++) алгоритмдік тіліне ұқсас. Бағдарламалар препроцессормен өңделеді, содан кейін AVR-GCC [78, 79] көмегімен компиляцияланады.



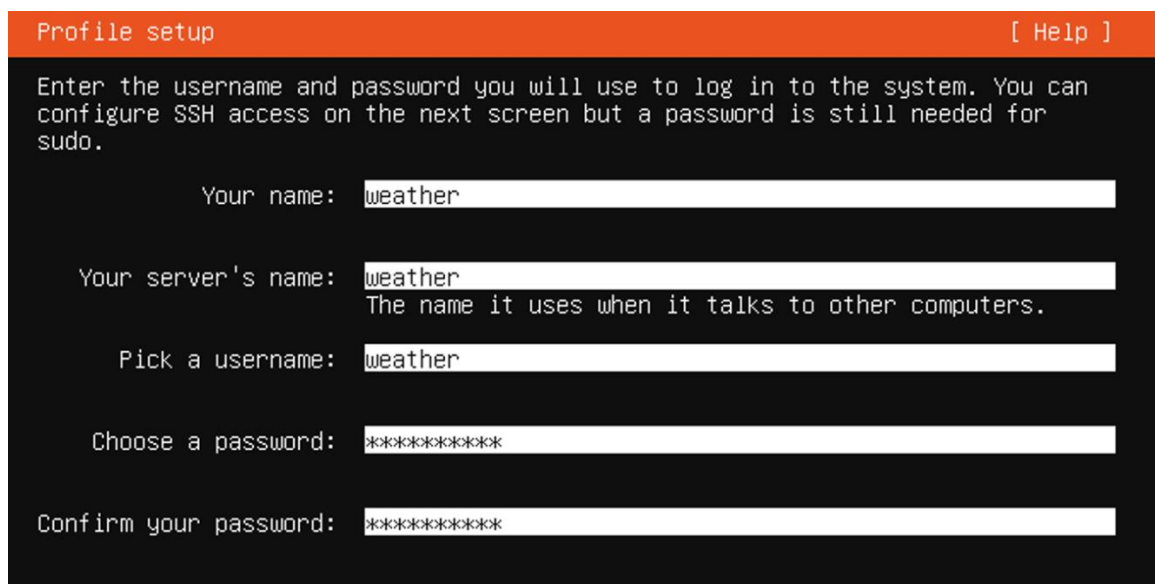
Сурет 4.7 – Arduino жасақтау ортасының интерфейсі

АСММАЖ серверлік бөлігі жұмыс істеуі үшін, ол АСММАЖ қашықтағы құрылғыларынан деректерді ала білуі үшін және жүйенің әкімшісінің сұрауларын өңдей алуы үшін Ubuntu Server 18.04 дистрибутивін тұрақты негізде орнатып, іске қосу қажет. Сервер тәулік бойы деректерді өндеп, сақтауы керек. Операциялық жүйені бірден негізгі ОЖ ретінде орнатуға немесе виртуалды ортада іске қосуға болады.

Жүйенің тұрақты жұмысына қойылатын минималды талаптар:

- x86 процессорының 1 ядросы;
- 1 ГБ жедел жады;
- Қатты дискідегі 20 ГБ бос орын;
- Интернет желісіне қосылу.

Виртуалды машинаны іске қосқаннан кейін орнатушы (инсталлятор) операциялық жүйенің негізгі тілін таңдауды ұсынады. Жүйені орнату үшін орынды таңдағаннан кейін, орнатушы оған жаңа пайдаланушы мен пароль жасауды ұсынады (Сурет 4.8).



Сурет 4.8 – Мониторинг жүйесінде жаңа пайдаланушыны құру терезесі

Операциялық жүйені орнатқаннан кейін орнатылған бағдарламалардың репозиторийлері мен компоненттерін жаңарту қажет. Ол үшін 4.1-листингтен командаларды орындау керек.

4.1-листинг – Жүйені жаңарту командалары

```
sudo apt update  
sudo apt upgrade
```

Web-серверді іске қосу үшін LAMP-серверін – ашық коды бар бос БҚЕ орнату қажет, оған Linux ОЖ, Apache веб-сервері, MySQL ДҚБЖ кіреді және Perl/PHP/Python интерпретаторлары – өміршең көп мақсатты Web-Серверді құрудың негізгі компоненттері [80-82].

LAMP (Linux + Apache + MySQL + PHP) орнату үшін 4.2-листингінде берілген командаларын орындау қажет.

4.2-листинг – LAMP серверін орнату командалары

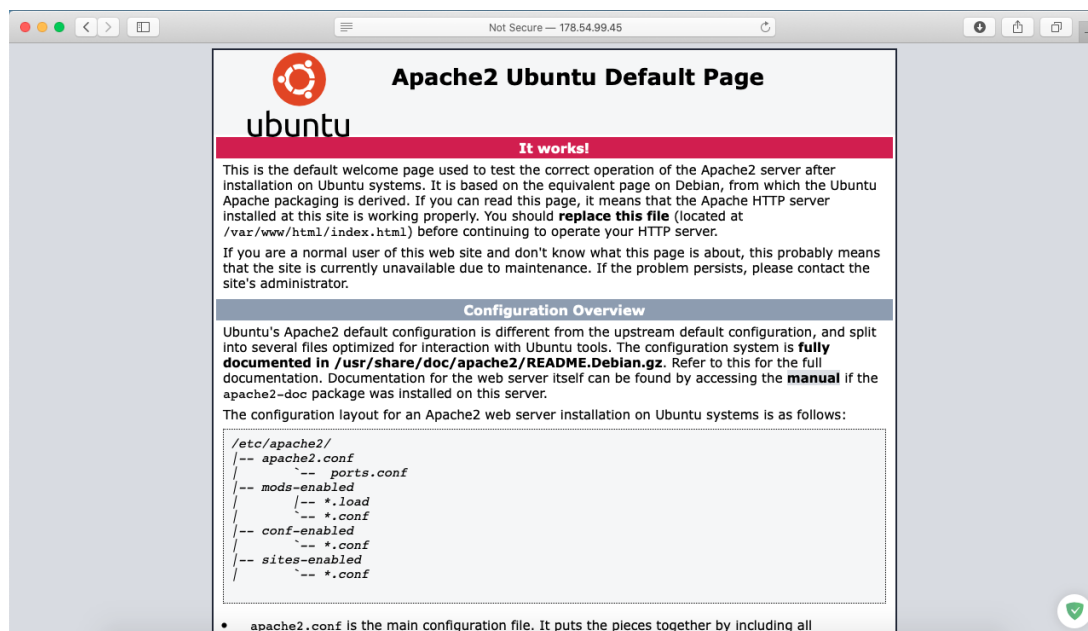
```
apt-get install apache2 php libapache2-mod-php  
service apache2 restart
```

Apache веб-серверінің жұмысын тексеру үшін браузерде Web-Сервердің мекен-жайына өту керек. Apache сынақ веб-парағының мысалы көрсетілген (Сурет 4.9).

MySQL серверін орнату үшін 4.3-листингінен команданы орындау керек.

4.3-листинг – MySQL серверін орнату командасы

```
apt-get install mysql-server mysql-client php-mysql
```



Сурет 4.9– Web-Сервердің жұмысын тексеру

PhpMyAdmin орнату үшін 4.4-листингінен берілген командаларды орындау керек.

4.4-листинг – PhpMyAdmin орнату командалары

```
apt-get install phpMyAdmin
sudo apt-get install phpmyadmin
```

Осы командалар деректерін орындау кезінде сіз қолданатын веб-серверді таңдау керек терезе пайда болады. Бұл жағдайда apache2 тармағын таңдау керек. Осыдан кейін жүйеге phpMyAdmin логині бар браузер арқылы phpMyAdmin-ге кіруге болатын құпия сөзді енгізу қажет. Орнатқаннан кейін браузерде «IP сервер / phpmyadmin» мекен-жайы бойынша phpMyAdmin кіру беті пайда болуы керек.

Python компоненттерін және кітапхана жүйесінің жұмысына қажетті барлық нәрсені орнату үшін 4.5 листингінен командаларды орындау қажет.

4.5-листинг – Python компоненттерін орнату командалары

```
sudo apt-get install python3 python-pip python-dev
libmysqlclient-dev
pip install --upgrade setuptools
```

```
pip install paho-mqtt mysqlclient
```

MQTT серверін орнату үшін 4.6-листингінен командаларды орындау керек. MQTT – бұл құрылғылар арасындағы байланыс үшін қолданылатын жеңіл протокол (M2M - machine-to-machine). Ол TCP/IP хаттамасының үстіне хабарламаларды жіберу үшін баспагер-жазылушы моделіне негізделген. MQTT протоколының орталық бөлігі – MQTT сервері немесе брокер. Ол баспагер мен жазылушыларға қол жеткізе алады. Ең танымалдарының бірі – mosquito протоколы. MQTT көмегімен ГЖ апаты болған жерде ауа сапасын бақылау жүйесінің датчиктер желісін құруға болады, онда олар өз деректерін зардаптарды жою жөніндегі штабқа жіберілген хабарламалар түрінде жариялайды.


4.6-листинг – MQTT серверін орнату командасы

```
sudo apt-get install mosquitto mosquitto-clients
```

Сервердің дұрыс орнатылуын және MQTT күйін 4.7 листингінде көрсетілген командалар арқылы тексеруге болады (Сурет 4.10).

4.7-листинг – MQTT серверінің күйін тексеру командасы

```
sudo /etc/init.d/mosquitto status
```



```
root@linux:~# sudo /etc/init.d/mosquitto status
● mosquitto.service - LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broker
   Loaded: loaded (/etc/init.d/mosquitto; generated)
   Active: active (running) since Sat 2020-06-27 11:53:35 UTC; 6min ago
     Docs: man:systemd-sysv-generator(8)
    Tasks: 1 (limit: 238)
   CGroup: /system.slice/mosquitto.service
           └─7839 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

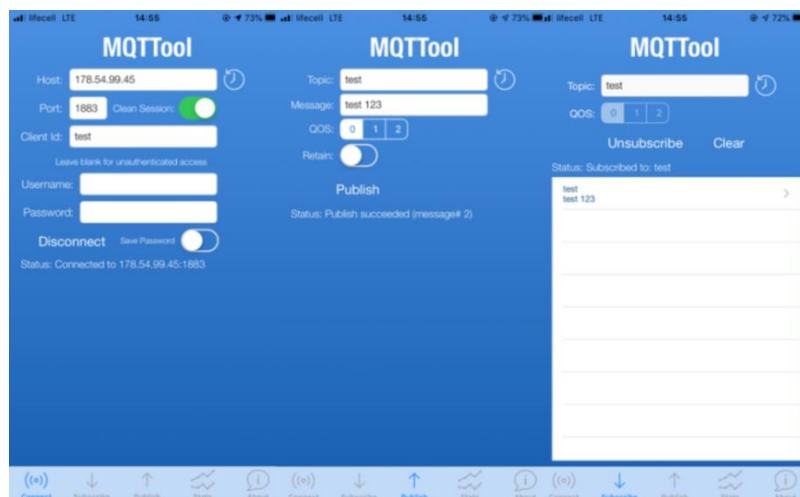
Jun 27 11:53:35 linux systemd[1]: Starting LSB: mosquitto MQTT v3.1 message...
Jun 27 11:53:35 linux mosquitto[7834]: * Starting network daemon: mosquitto
Jun 27 11:53:35 linux mosquitto[7834]:   ...done.
Jun 27 11:53:35 linux systemd[1]: Started LSB: mosquitto MQTT v3.1 message _ker.
Hint: Some lines were ellipsized, use -l to show in full.
root@linux:~#
```

Сурет 4.10 – MQTT-серверінің жұмысын тексеру

MQTT хаттамасы байланыс үшін 1883-портты қолданады, сондықтан ол интернет арқылы қол жетімді болуы керек.

MQTT-Серверінің жұмысын кез-келген MQTT клиентінің көмегімен тексеруге болады, мысалы, смартфонға арналған «MQTTTool» бағдарламасы. Мұны істеу үшін Сіз серверге қосылып, арнаға жазылуыңыз керек, мысалы, «test» және осы арнаға зонд жіберіңіз.

Нәтижесінде хабарлама қол қойылған «test» арнасында пайда болуы керек, MQTT-Серверінің жұмысын тексеру мысалы көрсетілген (Сурет 4.11).



Сурет 4.11 – MQTTTool бағдарламасын пайдаланып MQTT-серверін тексеру

MQTT-Сервердің қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін оған логин мен пароль арқылы авторизациямен деректерді беруді конфигурациялау қажет. «Mqttlogin» логині үшін пароль жасау командасы 4.8-листингте көрсетілген (Linux жүйесінде парольдер автоматты түрде көрсетілмейді).

4.8-листинг – Пароль жасау командасы

```
sudo mosquitto_passwd -c /etc/mosquitto/passwd mqttlogin
```

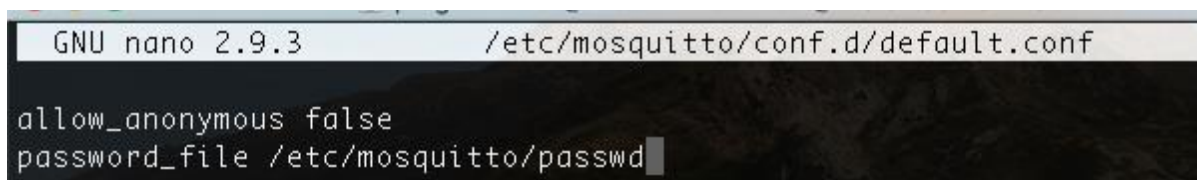
Содан кейін, брокердің MQTT параметрлеріне қосылу үшін логиндер мен парольдерді сақтайтын файлды қосып, логин мен парольсіз қосылуға тыйым салу керек.

Содан кейін MQTT брокерін қайта жүктеу керек. Барлық қажетті командалар 4.9 листингінде көрсетілген, нәтижесінде файлда ақпарат болуы керек бұл 4.12-суретте көрсетілген.

4.9-листинг – MQTT-серверін баптау командалары

```
sudo nano /etc/mosquitto/conf.d/default.conf
allow_anonymous false
password_file /etc/mosquitto/passwd

sudo systemctl restart mosquitto
```



Сурет 4.12 – MQTT серверінің конфигурациялық файлы

Деректерді MQTT серверінен дерекқорға көшіру бағдарламасы жұмыс істеуі үшін жаңа пайдаланушыны құру қажет, пайдаланушыны құру командасы 4.10 листингінде көрсетілген.

4.10-листинг – АСММАЖ үшін жаңа пайдаланушыны құру командасы
`sudo nano /etc/mosquitto/conf.d/default.conf`

Келесі қадам үшін «mqttMySqlClient.py» және «mqttMySqlClient.SQL» файлдарын серверге «/ media» папкасына тасымалдау керек, кез-келген FTP клиентінің көмегімен және оларға 4.11-листингінде берілген командалармен кіру құқығын береді.

4.11-листинг – ДҚ файлдарына кіру құқығын өзгерту командалары
`sudo chown mqttuser:mqttuser /media/mqttMySqlClient.py`
`sudo chmod 0700 /media/mqttMySqlClient.py`

Құрылған пайдаланушы атынан тапсырмалар жоспарлағышы арқылы бағдарламаны іске қосу үшін 4.12-листингіндегі командаларды ұсыну керек, атап айтқанда конфигурация файлына іске қосу жолдарын қосу керек.

4.12-листинг – Бағдарламаларды автоматты іске қосуды баптау командалары

```
sudo crontab -u mqttuser -e
@reboot /media/mqttMySqlClient.py start
*/1 * * * * php /var/www/html/update.php
```

Құрылған деректер базасы бар файлды жүйеге импорттау үшін төменде 4.13-листингінде берілген командаларды орындау қажет.

4.13-листинг – Деректер қорын импорттау командалары
`mysql -uroot -p`
`mysql> source /media/mqttMySqlClient.sql`
`mysql> GRANT ALL PRIVILEGES ON mqtt.* TO 'phpmyadmin'@'localhost';`

Командаларды орындау нәтижесінде «mqtt» дерекқоры, «mqttuser» деп аталатын пайдаланушы және «mqttpass» паролі жасалады (пайдаланушы атын mqttMySqlClient.sql файлында өзгертуге болады). Сыртқы мекенжайлардан қосылу мүмкіндігі бар. Пайдаланушыға шектеулі құқықтар (тек EXECUTE) тағайындалады және деректерді қосу мен жаңартуды жүзеге асыратын update_topic процедурасы қосылады.

Деректерді MQTT-серверінен деректер қорына тасымалдау бағдарламасын конфигурациялау үшін «mqttMySqlClient.py» файлының бір бөлігін өңдеу қажет.

Өңдеу процедурасы 4.14-листингінде көрсетілген. Ол үшін mqtt-серверіне және mysql-серверіне қосылу параметрлерін дұрыс көрсету қажет.

4.14-листинг – «mqttMySqlClient.py» файлын баптау үзіндісі

```
""" Настройки MQTT """
mqtt_server = "localcom"
mqtt_port = 1883
mqtt_login = "mqttlogin"
mqtt_password = "mqtt1324"
mqtt_client_id = "mqttMySqlClient"
""" Список каналов для подписки """
subscribe = {
    'monitor/#',
}
""" Настройки MySQL """
mysql_host = "127.0.0.1"
mysql_port = 3306
mysql_user = "mqttuser"
mysql_passwd = "mqtt1324"
mysql_schema = "mqtt"
mysql_log_file = "/var/log/mqttMySqlClient.log"
```

Деректерді MQTT серверінен ДҚ-на көшіру бағдарламасын іске қосу үшін 4.15-листингінде берілген команданы орындау қажет.

Бағдарламаны іске қосқаннан кейін «monitor / #» арнасына түсетін барлық деректер «MQTT» ДҚ-на, «topics» кестесінде жазылады.

Жаңа деректер алдыңғы деректерді қайта жазады, сондықтан бұл кесте көлемі ұлғаймайды.

4.15-листинг – «mqttMySqlClient.py» файлды іске қосу командасы

```
sudo -u mqttuser /media/mqttMySqlClient.py start
```

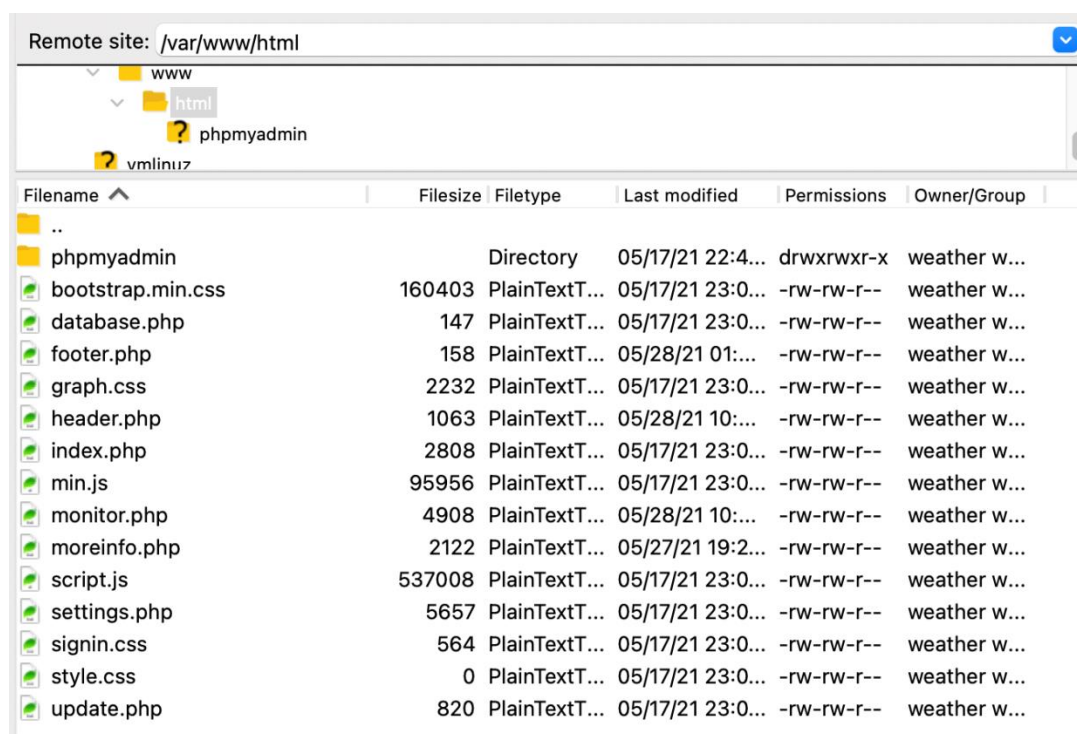
АСММАЖ-де қажетті ақпаратты шығару және датчиктері бар құрылғыларды басқару жүйесі веб-интерфейстің көмегімен жүзеге асырылады.

Параметрлерді баптау парағында құрылғыларды қосып, алып тастауға болады. Сайтты орнату үшін барлық файлдарды /var/www/html папкасына көшіру керек (Сурет 4.13).

Сайттардың деректерін көшіргеннен кейін mysql-серверіне қосылу параметрлерін орнату қажет. Бұл параметрлер database.php файлында орналасқан. Листингі төменде көрсетілген. Ол үшін сервердің мекен-жайын, пайдаланушы атын, пайдаланушының паролін және қосылым жасалатын деректер қорының атауын орнату қажет.

4.16-листинг – «database.php» файлының мазмұны

```
<?php
$link = mysqli_connect("localhost", "mqttuser", "mqtt1324",
"mqtt") or die("Ошибка подключения " . mysqli_error($link));
?>
```



Сурет 4.13 – Қашықтықтағы /var / www / html сайтының мазмұны

ТЖ апаты немесе төтенше жағдайлар болған жердегі ауа сапасының мониторингі сайтының құрамы бес веб-беттерден тұрады:

- АСММАЖ басты беті;
- қосылған құрылғыларды мониторингілеу беті;
- әрбір құрылғының сызбалары бойынша толық ақпарат беттері;
- жүйені жасақтаушылар беті;
- құрылғыларды басқару беті.

Пайдаланушы Сайт мекен-жайын енгізгенде жүйенің басты бетіне өтеді. Бұл бетте жүйе туралы жалпы ақпараттар мен мәліметтер берілген.

GPS модульді құрылғыларға орналасқан жері бейнеленген карта автоматты түрде жүктеледі. Парақта төмендегі параметрлер бойынша АСММАЖ датчиктерінен жаңартылып алынған соңғы деректері көрсетілген:

- иондалушы сәулелену датчигінен алынған деректер;
- шаң датчигінен алынған деректер;
- қоршаған орта температурасы;
- ауаның ылғалдылығы;
- атмосфералық қысым;
- CO2 концентрациясы;
- жарықтандыру деңгейі;
- көміртегі тотығы мен басқа газдардың деңгейі.

АСММАЖ құрамындағы әр құрылғы бойынша соңғы 24 сағат ішінде жан-жақты ақпаратты көруге болады. Сайтта АСММАЖ датчиктерінің

әрқайсысы бойынша ақпараттар сызбалар түрінде ұсынылады. АСММАЖ сызбалар бетінің мысалы Сурет 4.14 көрсетілген.

Ауа сапасы мониторингі



Сурет 4.14 – ТЖ апаты орнындағы ауа жағдайы туралы сызбалары бар қосымша ақпаратты көрсету беті [89]

Параметрлер бетінде құрылғыларды деректер қоры мен АСММАЖ бақылау жүйесіне қосуға және жоюға болады. MQTT арқылы қосылған, бірақ деректер қорына қосылмаған құрылғы жүйеде көрсетілмейді. Жаңа құрылғыны қосқан кезде, жүйе автоматты түрде АСММАЖ датчиктерінен көрсеткіштерді сақтау үшін деректер қорында жаңа кесте жасайды.

Мониторинг нәтижелерін көрсететін, мысалы, теміржол басқару бөлмесіндегі, Сайт келесі бағдарламалау тілдерінде жазылған: PHP, HTML, CSS, JS, Python, SQL. АСММАЖ деректер қорына қосу кезінде қателер туындаған жағдайда, жүйе пайдаланушыға тиісті қатені кодымен хабарлайды. Құрылғыны жойған кезде оның кестесі деректер қорынан жойылады, сондықтан сақталған деректерді қалпына келтіру мүмкін болмайды. Параметрлер беті пайдаланушының логині және парольмен қорғалған.

АСММАЖ аппараттық бөлігі микроконтроллерлердің әртүрлі түрлерімен жұмыс істей алады, жұмыс барысында Atmega328 және ESP8266 микроконтроллерлеріне негізделген құрылғылар сәтті сыналды. АСММАЖ модульділігі датчиктерді микроконтроллерлерге қосудың әртүрлі нұсқаларын қамтамасыз етеді. АСММАЖ жүйесі әрқайсысында бес датчигі бар 100-ге дейін құрылғыны қосуға арналған. Әрбір құрылғының 00-ден 99-ға дейінгі бірегей идентификаторы бар. Микроконтроллерлерге қойылатын негізгі талап – MQTT протоколы арқылы деректерді беру мүмкіндігі. Орындарда пайдалану үшін құрылғылар деректерді серверге жіберу үшін қалалық WiFi желісін пайдалана алады, ауылдық жерлерде пайдаланған жағдайда, құрылғылар алыс және электрлендірілмеген аумақтарда сенімді байланысты қамтамасыз ету үшін GPRS байланыс модулімен жабдықталуы мүмкін. [89]

Барлық датчиктердің дұрыс жұмыс істеуі үшін 4.17-листингінде берілген тиісті кітапханаларды қосу керек.

4.17-листинг – Қосымша кітапханаларды қосу

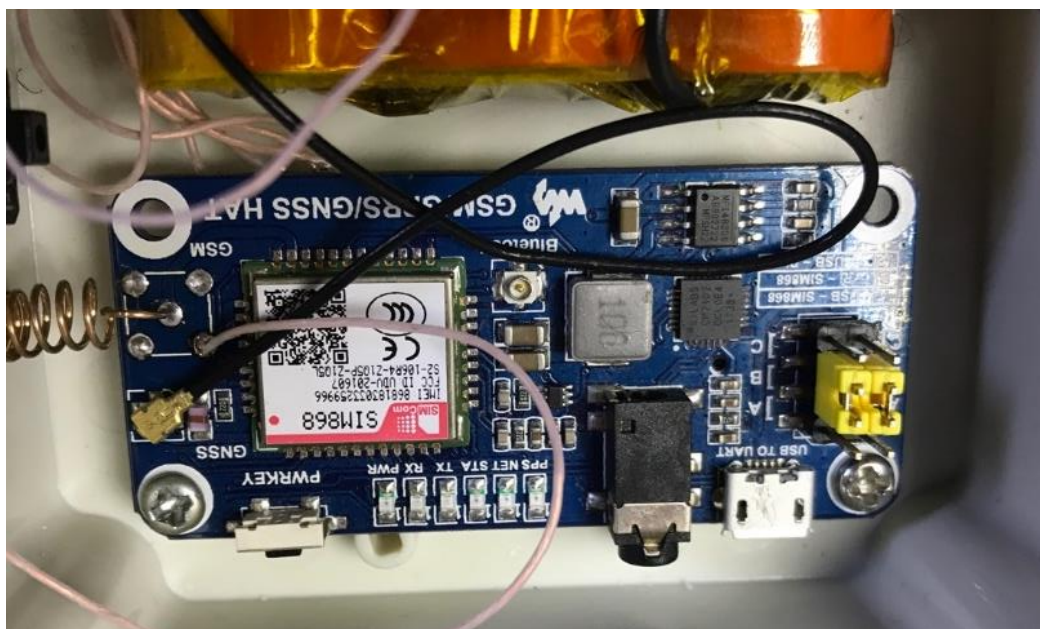
```
#include <TinyGsmClient.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include "Adafruit_Si7021.h"
#include <SparkFunCCS811.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
```

АСММАЖ-ні GPRS сымсыз байланысы арқылы Интернет желісіне қосу үшін 4.18-листингінде көрсетілген функцияларды орындау қажет. Бұл мүмкіндіктер TinyGsmClient кітапханасынан алынған.

АСММАЖ жобалау барысында GSM/GPRS/GPS/Bluetooth модулі қосылды (Сурет 4.15).

4.18-листинг – Интернетке қосылу функциялары

```
SerialMond.println(F("Initializing modems..."));
modems.init();
SerialMond.println(F("Initializing GPS..."));
modems.enableGPS();
String modemsInfo = modems.getModemsInfo();
SerialMond.print(F("Modems Info: "));
SerialMond.println(modemsInfo);
if (GSM_PIN && modems.getSimStatus() != 3) {
    modems.simUnlock(GSM_PIN);
}
if (!modems.waitForNetwork()) {
    SerialMond.println(F("fail"));
    delay(1000);
}
resetFunc();
return;}
if (modems.isNetworkConnected()) {
    SerialMond.println(F("Network connected"));}
SerialMond.print(F("Connecting to "));
SerialMond.print(apn);
if (!modems.gprsConnect(apn, gprsUser, gprsPass)) {
    SerialMond.println(F("fail"));
    delay(10000);
    return;}
SerialMond.println(F("success"));
if (modems.isGprsConnected()) {
    SerialMond.println(F("GPRS connected"));
}
}
```



Сурет 4.15 – АСММАЖ-нің GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth модулі

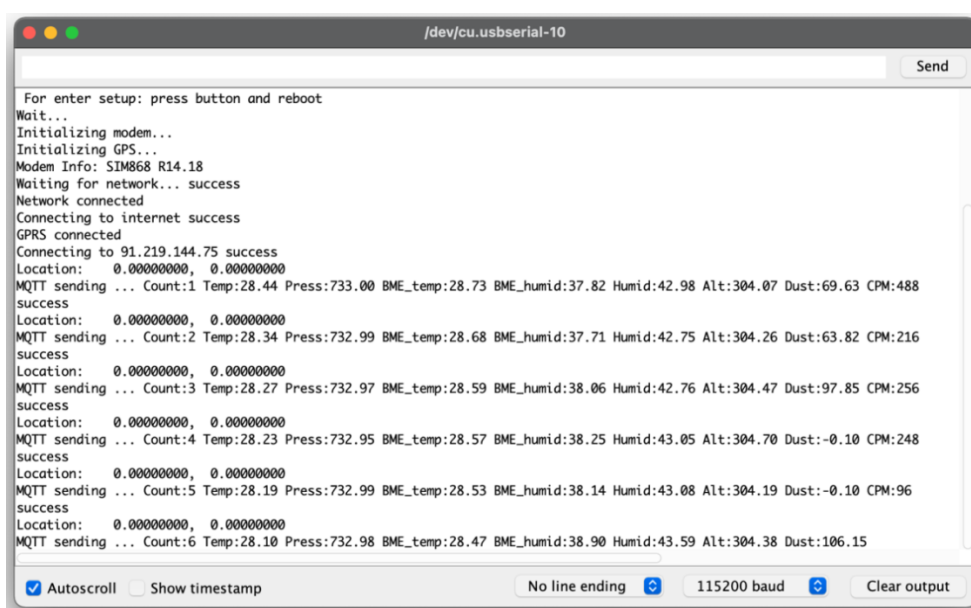
Серверге қосылуды орнату үшін тізбектелген порт қолданылады (Сурет 4.16). Суретте орнату мысалы көрсетілген. Орнату режиміне кіру үшін Параметрлер түймесін басып, құрылғыны қайта іске қосу керек. Содан кейін

құрылғы орнату режиміне өтеді. 1-6 сандарын енгізген кезде конфигурациялау қажет элемент таңдалады. 0 санын енгізген кезде құрылғы қалыпты режимге қайта қосылады. Барлық енгізулер No line ending режимінде орындалуы керек. Құрылғыны серверге қосу үшін құрылғының сәйкестендіру нөмірін, құрылғының атын, сервердің IP-мекен-жайын, логинді, парольді және MQTT серверіне қосылу портын көрсету қажет.



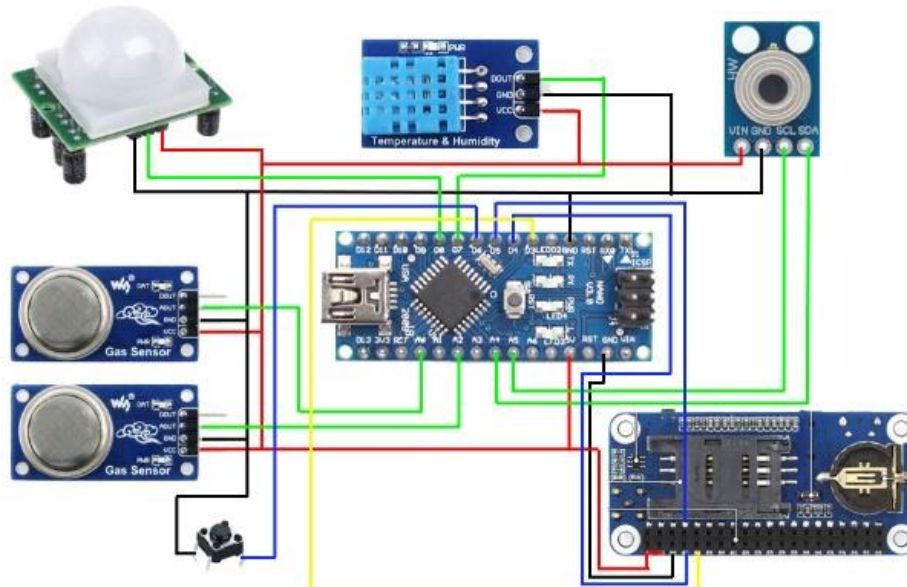
Сурет 4.16 – АСММАЖ датчиктерін орнатудың мысалы

Қосылудың әр кезеңі консольде көрсетіледі. Әрбір қосылым аяқталғаннан кейін бағдарлама оның сәттілігі немесе сәтсіздігі туралы хабарлайды. Қосылу қатесі немесе АСММАЖ байланыс модулі сигналды жоғалтқан жағдайда, микроконтроллер қайта іске қосылады және қосылу процесін бастайды. Бұл операция АСММАЖ жұмысында мәселелер туындаған жағдайда микроконтроллердің күту уақытын азайтады. Құрылғыдан серверге деректерді сәтті беру процесі (Сурет 4.17) көрсетілген.



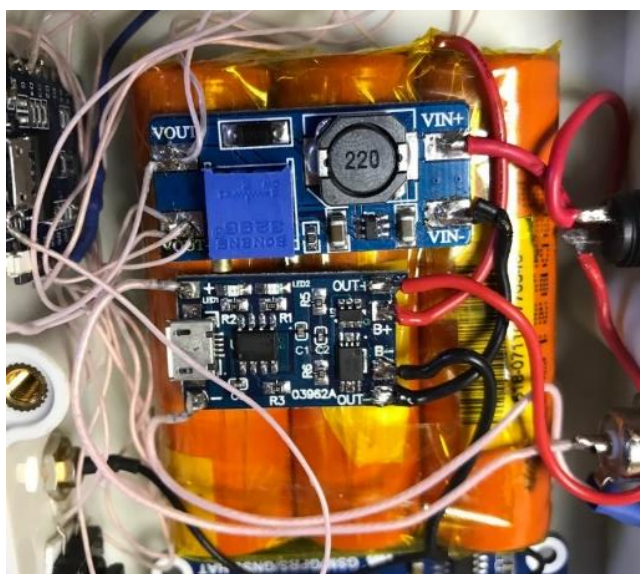
Сурет 4.17 – Серверге деректерді беру процесі

Қосылу нұсқаларының сызбасы (Сурет 4.18) көрсетілген.



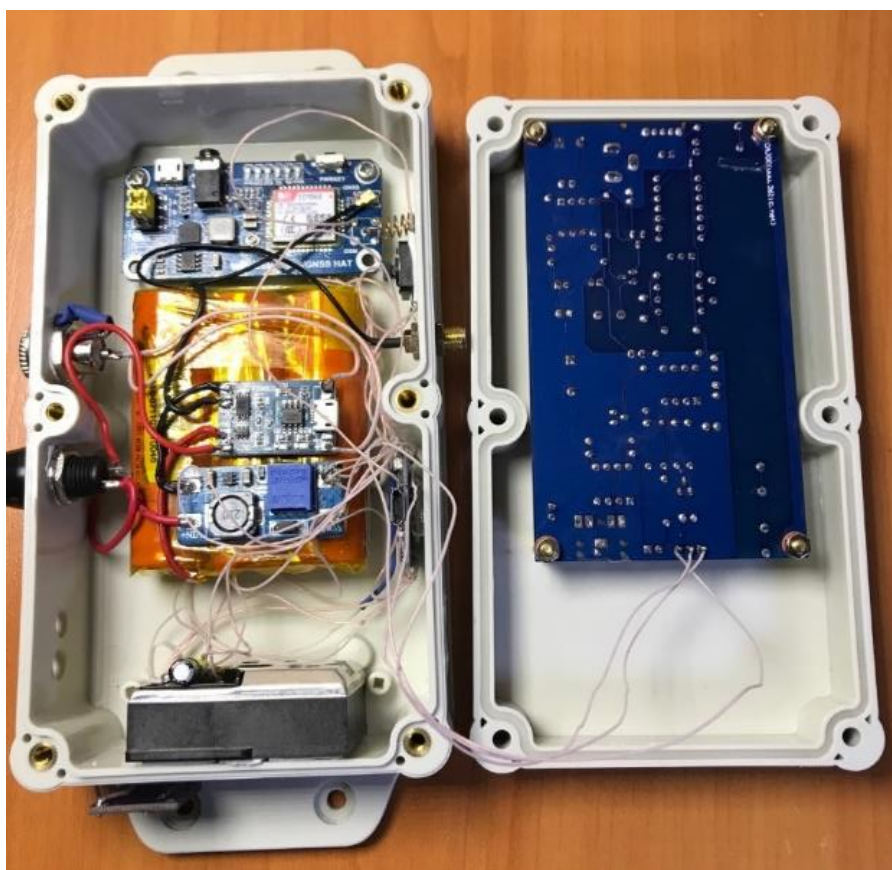
Сурет 4.18 – Arduino микроконтроллеріне негізделген АСММАЖ қосылу сызбасы

Компоненттерді үздіксіз қуаттандыру және батареяларды зарядтау үшін АСММАЖ TR4056 және MT3608 чиптері қолданылады. Сыйымдылығы 2000мА/сағ үш дана 18650 типті аккумуляторлар қолданылды. Заряд модульдерінің физикалық қосылуы (Сурет 4.19) көрсетілген.



Сурет 4.19 – Аккумуляторларды зарядтау модульдерін физикалық қосылуы

Антенналары, қуат қосқыштары және қуат түймесі бар ылғалға төзімді корпустағы құрылғының соңғы көрінісі көрсетілген (Сурет 4.20).



Сурет 4.20 – Құрылғының ішкі көрінісі

Температура, ылғалдылық, атмосфералық қысым, CO₂ концентрациясы датчиктері ішкі компоненттердің қосымша жылуы азайту және ауа алмасуды жылдамдату үшін корпусстың сыртында орналасқан.

Серверлік бағдарламалық қамтамасыз ету ТЖ апаттары орындарындағы ауа сапасын бақылау жүйесіндегі маңызды функциялардың бірін орындайды. Сервер апат аймағындағы құрылғылардан деректерді алады, датчиктерден ақпаратты сүзеді және сақтайды және сақталған ақпаратты сызба түрінде көруге мүмкіндік береді. Сервердің осы функцияларын орындау үшін есептеу ресурстарының жеткілікті мөлшерін қамтамасыз ету қажет. Екі құрылғы қосылған кезде сервердің нақты жүктелуі және әр минут сайын деректерді беруі көрсетілген (Сурет 4.21). [89]

```

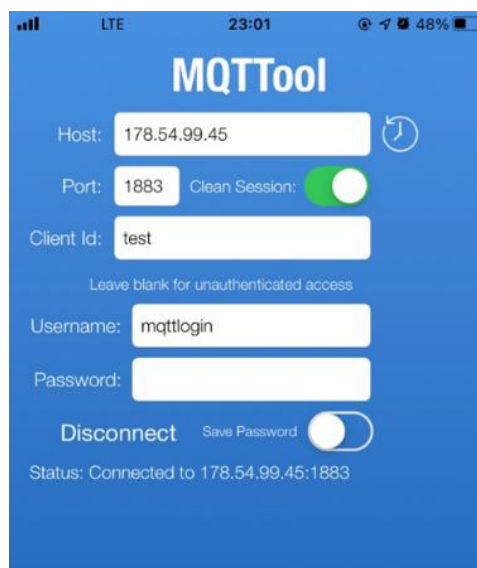
CPU[|||] 3.3% Tasks: 41, 55 thr; 1 running
Mem[|||||] 368M/5.73G Load average: 0.05 0.03 0.00
Swp[ ] 0K/4.00G Uptime: 9 days, 23:13:45

  PID USER      PRI  NI  VIRT   RES   SHR  S  CPU% MEM%   TIME+  Command
18802 weather    20   0 32424  4368  3384 R   2.6  0.1  0:00.60 htop
   944 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   2.0  3.6 1h39:23 /usr/sbin/mysqld --daemon
  1034 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   0.7  3.6 1h02:20 /usr/sbin/mysqld --daemon
   946 root       20   0 63408 15108  6728 S   0.7  0.3 44:37.00 python /media/mqttMySQLC
18782 weather    20   0 105M   5276  4272 S   0.0  0.1 0:00.32 sshd: weather@pts/0
   976 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   0.0  3.6 16:19.44 /usr/sbin/mysqld --daemon
   836 mosquitto 20   0 48032  5624  4960 S   0.0  0.1 13:57.41 /usr/sbin/mosquitto -c /
   975 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   0.0  3.6 3:02.39 /usr/sbin/mysqld --daemon
   986 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   0.0  3.6 3:20.25 /usr/sbin/mysqld --daemon
   968 mysql      20   0 1136M  212M 17120 S   0.0  3.6 0:26.86 /usr/sbin/mysqld --daemon
     1 root       20   0  220M  9048  6564 S   0.0  0.2 0:35.26 /sbin/init maybe-ubiquit
   408 root       19  -1 107M  30928 28924 S   0.0  0.5 0:09.64 /lib/systemd/systemd-jou
   414 root       20   0 46420  5160  3052 S   0.0  0.1 0:21.91 /lib/systemd/systemd-ude
   415 root       20   0 103M   1772  1556 S   0.0  0.0 0:00.00 /sbin/lvmetad -f
   621 systemd-t 20   0 138M  3112  2676 S   0.0  0.1 0:00.00 /lib/systemd/systemd-tim
   585 systemd-t 20   0 138M  3112  2676 S   0.0  0.1 0:06.52 /lib/systemd/systemd-tim
   681 systemd-n 20   0 71720  4952  4444 S   0.0  0.1 0:06.66 /lib/systemd/systemd-net
   697 systemd-r 20   0 70496  5008  4548 S   0.0  0.1 0:06.01 /lib/systemd/systemd-res
15348 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.04 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15353 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.03 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15354 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.03 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15359 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.02 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15365 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15369 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15370 root       20   0  622M  3444  1616 S   0.0  0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
F1Help F2Setup F3Search F4Filter F5Tree F6SortBy F7Nice -F8Nice +F9Kill F10Quit

```

Сурет 4.21– Сервер жүктемесі

MQTT деректер протоколы арқылы құрылғылардың қосылуын тексеру үшін MQTTTool мобильді қосымшасын пайдалануға болады. Мобильді қосымша арқылы MQTT-серверіне қосылу үшін бағдарлама параметрлеріне сервер мекен-жайын, қосылу портын, логин мен парольді енгізу қажет (Сурет 4.22). [89]

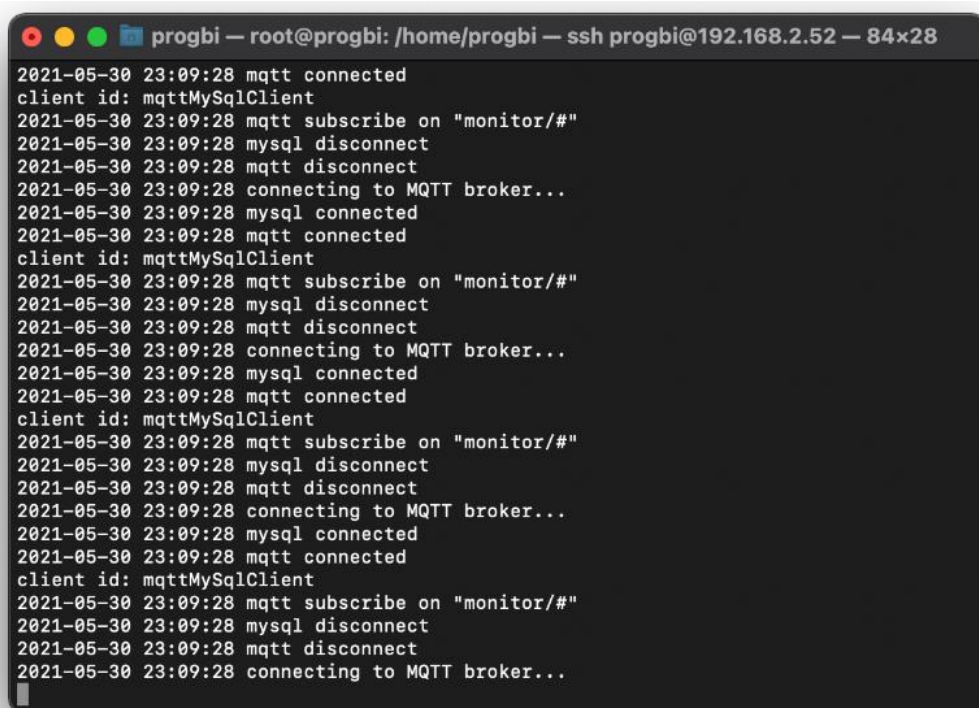


Сурет 4.22– MQTT серверіне қосылуды тексеру

Деректерді MQTT серверінен дерекқорға көшіру бағдарламасының жұмысын тексеру үшін 4.19 листингінде берілген команданы орындау қажет. Бағдарлама нақты уақыт режимінде MQTT серверіне және MySQL серверіне ағымдағы қосылымды көрсетеді. Алынған деректер автоматты түрде деректер қорына жазылады (Сурет 4.23).

4.19-листинг – «mqttMySQLClient.py» файлын консольде іске қосу командасы

```
sudo /media/mqttMySQLClient.py window
```



```
progbi — root@progbi: /home/progbi — ssh progbi@192.168.2.52 — 84x28
2021-05-30 23:09:28 mqtt connected
client id: mqttMySQLClient
2021-05-30 23:09:28 mqtt subscribe on "monitor/#"
2021-05-30 23:09:28 mysql disconnect
2021-05-30 23:09:28 mqtt disconnect
2021-05-30 23:09:28 connecting to MQTT broker...
2021-05-30 23:09:28 mysql connected
2021-05-30 23:09:28 mqtt connected
client id: mqttMySQLClient
2021-05-30 23:09:28 mqtt subscribe on "monitor/#"
2021-05-30 23:09:28 mysql disconnect
2021-05-30 23:09:28 mqtt disconnect
2021-05-30 23:09:28 connecting to MQTT broker...
2021-05-30 23:09:28 mysql connected
2021-05-30 23:09:28 mqtt connected
client id: mqttMySQLClient
2021-05-30 23:09:28 mqtt subscribe on "monitor/#"
2021-05-30 23:09:28 mysql disconnect
2021-05-30 23:09:28 mqtt disconnect
2021-05-30 23:09:28 connecting to MQTT broker...
2021-05-30 23:09:28 mysql connected
2021-05-30 23:09:28 mqtt connected
client id: mqttMySQLClient
2021-05-30 23:09:28 mqtt subscribe on "monitor/#"
2021-05-30 23:09:28 mysql disconnect
2021-05-30 23:09:28 mqtt disconnect
2021-05-30 23:09:28 connecting to MQTT broker...
```

Сурет 4.23– «mqttMySQLClient.py» файлын консольде іске қосу

Сервер қайта жүктелген жағдайда, АСММАЖ жұмыс істеуі үшін барлық қажетті бағдарламалар мен қызметтер Операциялық жүйе басталған кезде автоматты түрде іске қосылады. Деректер базасына жазылған деректерді phpMyAdmin көмегімен «topics» кестесінде көруге болады (Сурет 4.24).

md5	time	topic	value
291407e3f1101a27026c6e70c7b754cf8	1622406567	monitor/dev05/name	Dev_05_WiFi
2a5b356f935956dd3329895e3964a93a	1622406566	monitor/dev05/BME280_press	745.89
2c52b06671c041c1205cb78b9e57dd30	1622406517	monitor/dev01/name	NULES_01
2f6018264fab453706f6485d357fdde9	1622406516	monitor/dev01/BME280_alt	147.27
54c868967d9caa51d54c847d6cd8a3c3	1622406516	monitor/dev01/BME280_humid	67.23
55c37684228de928d32215a85e91ef7d	1622205478	monitor/dev00	v05/nameDev_
659b71e70b47dccc60ebfc513f6e5a1	1622406517	monitor/dev01/latitude	50.38146591
67b844a59954fb867832d3ffbf3741f1	1622186783	monitor/dev00(v05/BME280_h
69fa2c01e3b011871021a53ee0ad1bca	1622406517	monitor/dev01/battery	0
708805cd45adfdab06f1476cba7fecb0	1622406516	monitor/dev01/GP2Y10_dust	47
7ead9485bd69fd179edf21cc27a3679	1622406516	monitor/dev01/CCS811_TVOC	0.00
8430b1c9de3c03ca559ad26eee167bfb	1622406567	monitor/dev05/MQ_7	160.00
8deacae12a08b99a91c13f844eb5e544	1622406515	monitor/dev01/Si7021_temp	15.49
9b33fef6e5c095c35da2c23dd6d724e	1622406566	monitor/dev05/BME280_temp	22.89
ae8e3f8303e684089c562984fd695419	1622081403	monitor/dev05/BME280_hum0(monitor/de
b40e78b4994ec775351665fe96a08a91	1622406515	monitor/dev01/BME280_temp	16.33
bc2617d79f137cf789e55098a8b42360	1622406566	monitor/dev05/count	144409
bf2b4ec69105fede8ac22fb21d282c23	1622192517	monitor/dev05/BME280_pres0(monitor/d
bfb71d35cd3fd0de246238a44d52947	1622406516	monitor/dev01/Si7021_hum	78.83
c3caa2ab892c997e5f9a0a88f961f77	1622406515	monitor/dev01/count	58
d3c9a7f02e8cab4d94f8a362bb416d3e	1622406516	monitor/dev01/CCS811_eCO2	400.00
d479eed4045a5b699fbd9f43456c568	1622406517	monitor/dev01/longitude	30.49532318

Сурет 4.24 – Деректер қорында жазылған деректерді тексеру

ТЖК-дегі ауа сапасын бақылау құрылғылары қашықтан жұмыс істейді, сондықтан әрқайсысына физикалық тұрғыдан тез қосылу мүмкін емес. Құрылғылардың тұрақтылығын бақылау үшін серверге «Қосылғаннан кейін беріліс сеанстары саны» параметрі беріледі. Бұл параметр құрылғының қайта жүктеусіз қанша уақыт жұмыс істегенін анықтауға мүмкіндік береді, мысалы, егер бұл параметр 10000 болса және осы құрылғыдағы деректер секунд сайын жіберілсе, онда бұл құрылғы 2 сағат 47 минутты қайта жүктемей жұмыс істейді.

Тестілеу кезінде қашықтағы немесе шулы аумақтарда ұялы байланысты қабылдау үшін 3 дБ күшейтілген сыртқы GSM антеннасын орнату қажеттілігі анықталды (Сурет 4.25). [89]



Сурет 4.25 – Сыртқы антенна

Сервердің мүмкіндіктерін тексеру мақсатында сынама құрылғылар деректерді минут немесе секунд сайын жібереді, себебі бұл қажетті уақыт аралығында мәліметтерді тасымалдау кезеңі қалыпты болатындай, құрылғылардың көбірек санын пайдалана отырып жүйені модельдеуге мүмкіндік береді. АСММАЖ осындай жұмыс режимінде ұзақ уақыт бойы тұрақты, үздіксіз жұмыс істей алады.

Ұялы байланыс арқылы желіге қосылған АСММАЖ орнату мысалы суретте көрсетілген. (Сурет 4.26).

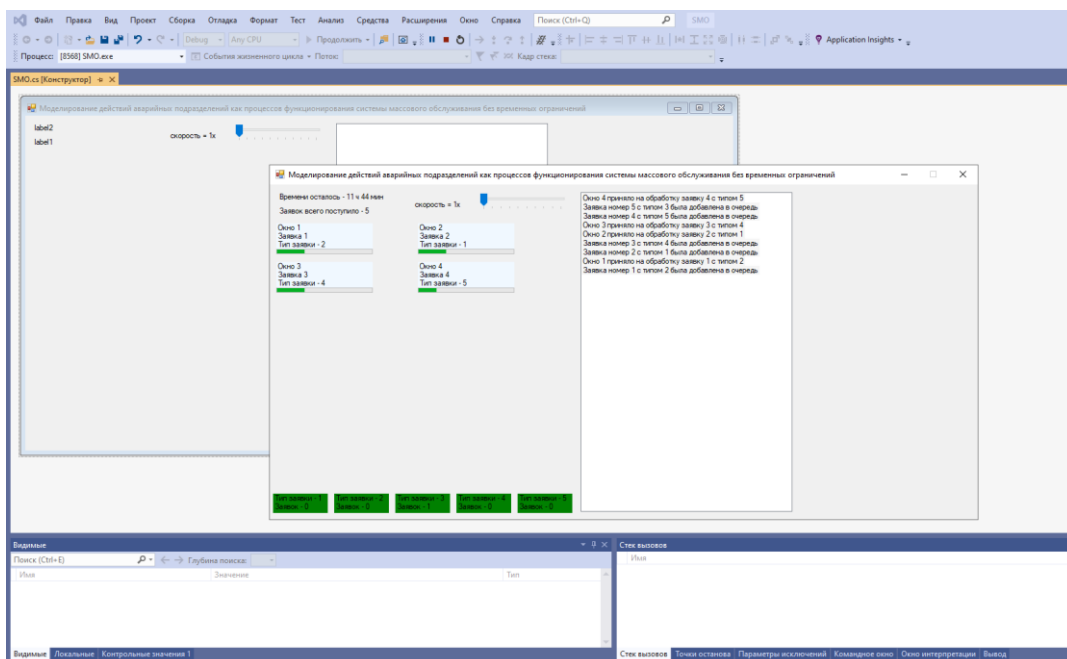


Сурет 4.26 – Ауа сапасын мониторингілеу жүйесінің жиналған түрі

Құрылғы 127В немесе 220В желісінен қуат алады, оған 5В жүйесі үшін қажетті шығыс кернеуі бар қуат көзі қосылған. Сынақ үлгісінің жұмыс уақыты АСММАЖ кіріктірілген батареядан қоршаған ортаның температурасына байланысты 18-24 сағатты құрайды. Бұл қор жаздың күні түнгі уақытта жұмыс істеуге жеткілікті.

4.2. ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ресми сипаттауды бағдарламалық қамтамасыз ету

Бағдарламалық жасақтама ADO.net технология негізінде Visual Studio 2019 бағдарламалау ортасында орындалды [83-85], [89] (Сурет 4.27).

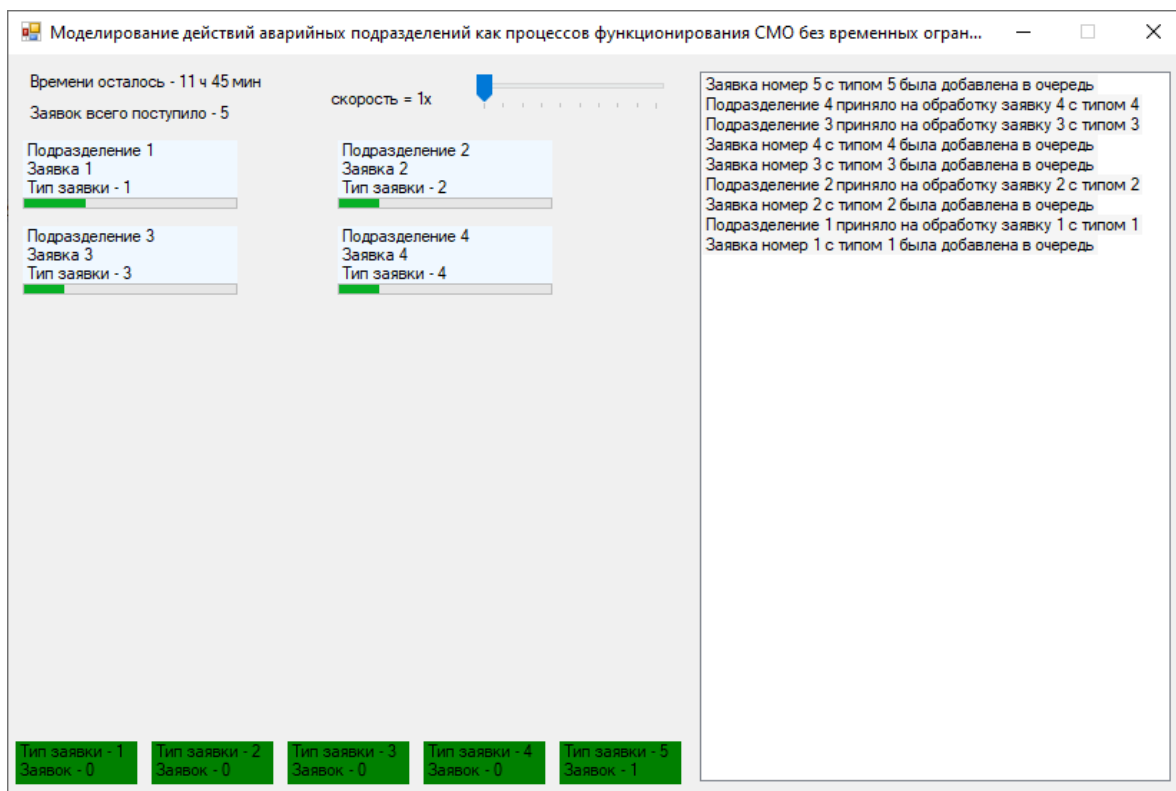


Сурет 4.27 – ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің ресми сипаттамасын бағдарламалық іске асыруды әзірлеу ортасының жалпы түрі

Апаттық жағдайды оқшаулау және оның салдарын жою жөніндегі жұмыстарды сипаттайтын өтінімдердің бес түрі «талаптарға» (әрекет ету қажет қауіпті факторларға) қызмет көрсетуге уақытша шектеусіз және қызмет көрсетуге кезекте тұрусыз жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) ретінде қаралды. Осы теориялық тәсілмен ЖҚКТ-ның классикалық және нақты есептерге бейімделген математикалық әдістерін қолдануға болады.

Өтінімдердің бірі міндетті түрде ең жоғары басымдыққа ие болуы керек (кезектен тыс қызмет көрсету). Апат болған жерде жою жұмыстарын жүргізу барысында өтінім түрін өзгерту ықтималдығын ескеру қажет. Сондай-ақ, өтінімнің кезектен шығу ықтималдығын ескеру қажет. Егер өтінім тым ұзақ кезекте тұрса және оны осы уақытта бірде-бір арна өңдей алмаса, бұл жағдай орын алуы мүмкін. Өтінімді қалыптастыру уақыты мен оны өңдеу уақыты кездейсоқ сандар генераторының көмегімен көрсетілген диапазондағы кездейсоқ сандар ретінде жасалуы керек. ЖҚКЖ модельдеу объектілеріне бірегей идентификаторларды тағайындау және кездейсоқ мәндерді құру үшін құралдар жиынтығын ұсынуы керек.

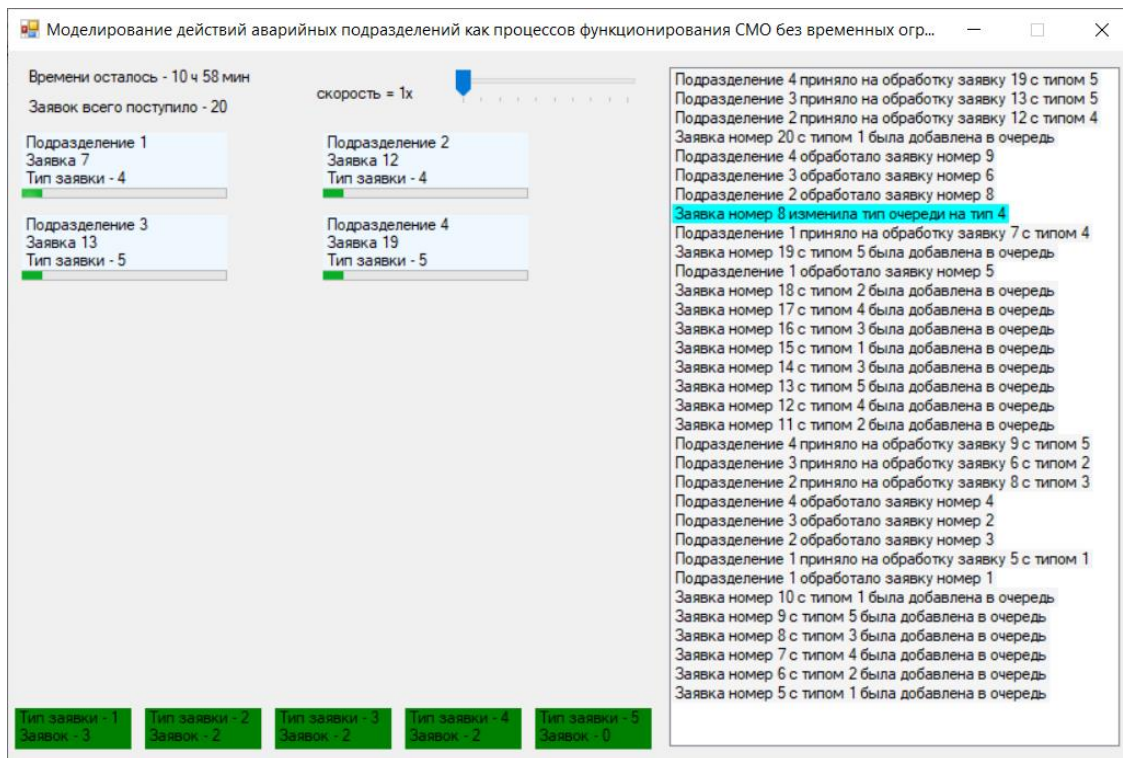
Модельдеудің барлық параметрлерін реттеу жою жұмыстарын жүргізуді модельдеу басталғанға дейін және атап айтқанда қоршаған ортаға әсерін жою үшін бөлек терезеде жүзеге асырылады. Аралық модельдеу нәтижелері нақты уақыт режимінде экранға шығарылады (Сурет 4.28 - 4.30). [89]



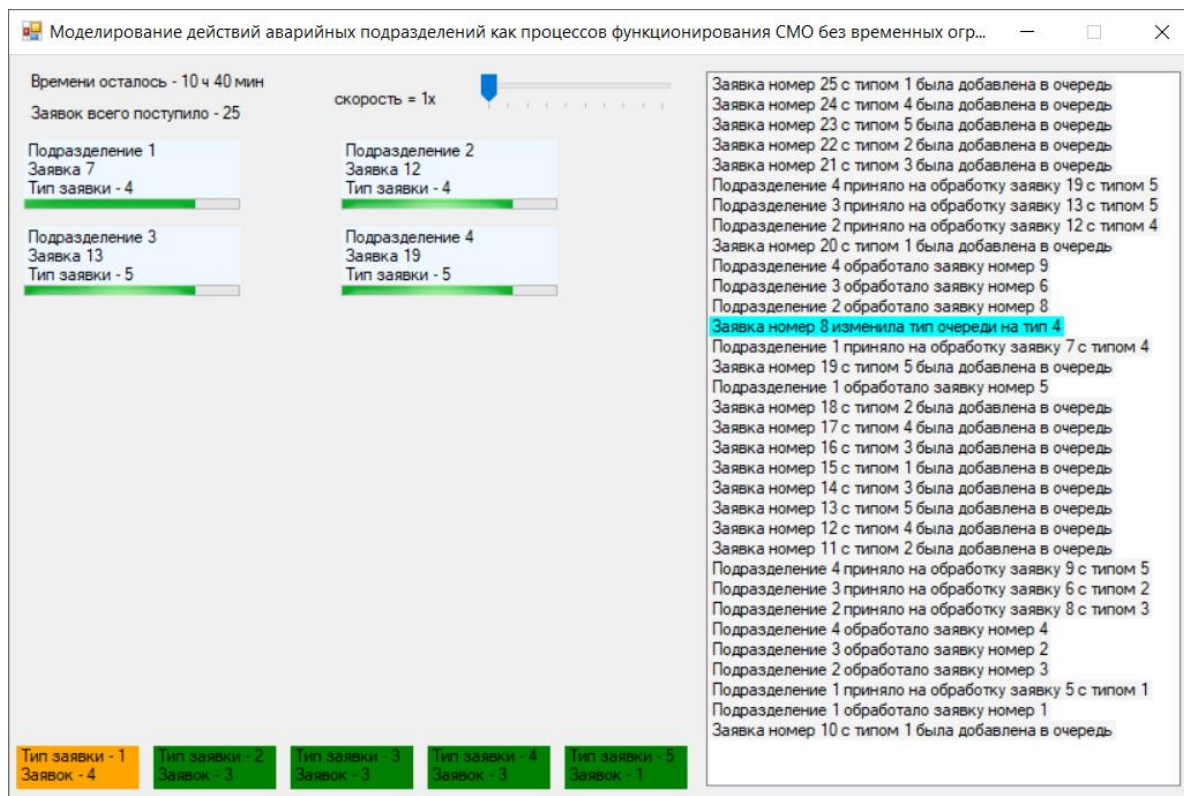
Сурет 4.28 – ТЖ АЖ орнында жою бөлімшелерінің жүктемесі бар жағдайларды көрсету (барлық бөлімшелер бос және өтінімдерге қызмет көрсете алады) [89]

Әзірленген бағдарламалық өнім жұмыстың 2 және 3 тарауларының модельдері, сондай-ақ [86, 87] жұмыстарда ұсынылған модельдер негізінде жасалған.

Жою жұмыстары барысында тиісті бөлімшелер (1-4 бөлімшелер) әртүрлі қарқындылықпен (өнімділікпен) орындалатын қызмет көрсетуге арналған өтінімдердің әртүрлі түрлерімен айналысуға мәжбүр (Суреттер 4.28 - 4.30). Мұндай жұмыстарға мыналар жатады: жүк қалдықтарын сақтау, жүк қалдықтарын (мысалы, сұйық қауіпті заттар бүлінген цистерналардан резервтік цистерналарға) айдау; жер жұмыстарын жүргізу кезінде экскаваторлардың жұмысы (мысалы, қауіпті сұйықтыққа малынған топырақтың жоғарғы қабатын алу және шығару) және басқа жұмыстар. [89]



Сурет 4.29 – ТЖ АЖ орнында жою бөлімшелерінің жүктемесі бар жағдайларды көрсету (өтінімдердің бірі кезек түрін өзгертті) [89]



Сурет 4.30 – ТЖ АЖ орнында жою бөлімшелерінің жүктемесі бар жағдайларды көрсету (өтінімдердің бірі кезек түрін өзгертті немесе кезектен шығып кетті) [89]

Аталған жою бөлімшелері мен құралдары бір мезгілде әртүрлі жұмыс түрлерін орындау үшін қолданылуы мүмкін, және бұл жұмыстар апаттық жағдайдың сипатына және оның салдарын жою жоспарына байланысты әр уақытта аяқталуы мүмкін. Осылайша, жою жұмыстарының жалпы ұзақтығы «бірінші» (кезектілік бойынша) жұмыстың басталуынан (АСММАЖ көмегімен ауаның ластану дәрежесін бағалау) және «соңғы» жұмыстың аяқталуына дейінгі уақытпен айқындалатын болады, ал оны айқындау мен азайту диссертацияның екінші және үшінші тарауларында сипатталған тиісті математикалық әдістердің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

АСММАЖ көмегімен жағдайды бағалау, әзірленген бағдарламалық өнімнің көмегімен жою бөлімшелерінің жүктеме дәрежесін модельдеу, апаттық жағдайларға әрекет ету үшін қажетті іс-шараларды әртүрлі сипаттағы жоспарлау, қабылданған шешімдерді орындаушыларға жеткізу, осындай шешімдердің орындалу процестерін бақылау және түзету шараларын әзірлеу басқарудың барлық буындарының басшыларымен жүзеге асырылады. Әдетте, барлық көрсетілген шаралар уақыт тапшылығы жағдайында жүзеге асырылады. Бұл әдетте көлік оқиғасының мән-жайлары туралы ақпараттың белгісіздігі, адамдарға, объектілерге, жолаушылар және жүк пойыздарына қауіп төнуі жағдайында орын алады, ал шешім қабылдаушы адам (ШҚА) күйзеліске ұшырауы мүмкін, сонымен қатар шешімді орындау ТЖК-де тән факторлармен қиындайды.

Сондықтан басқару пункттерінің ахуалдық орталықтарының құрамына жағдайды жедел және объективті бағалау мақсатында ақпаратты талдауды автоматтандыру құралдарының жеткілікті өнімді кешендері, экологиялық қауіпті авариялық жағдайдың дамуын болжау бойынша ақпараттық-есептік міндеттер үшін шешімдер қалыптастыру, оны жою үшін арнайы бөлімшелердің іс-қимыл жоспарларын әзірлеу, осындай іс-қимылдарды жан-жақты қамтамасыз ету жөнінде шаралар қабылдау, сондай-ақ автоматтандырылған жұмысшылар кіруге тиіс жедел штаб орындары, жою жұмыстарын жүргізуге тартылатын темір жол мамандарының және басқа ұйымдардың мамандарының жұмыс орындары.

Мұндай міндеттерге арналған бағдарламалық жасақтаманың толық пакетін әзірлеу осы диссертацияның шекарасынан асып түседі, бірақ мұндай автоматтандырылған жүйенің негізгі компоненттері біздің зерттеулерімізде жүзеге асырылады. Бұл ең алдымен – ТЖ апат орнындағы ауаның сапасын автоматты режимде бағалауға мүмкіндік беретін ауа сапасын мониторингтеудің мобильді автоматтандырылған жүйесі (АСММАЖ), сондай-ақ ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ресми сипаттауды бағдарламалық іске асыру. [89]

4.3. Төртінші бөлім бойынша қорытындылар

Диссертациялық жұмыстың төртінші бөлімінде ТЖК-де төтенше жағдай немесе техногендік апаттар орындарында пайдаланылуы мүмкін жобаланған ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесі (АСММАЖ) сипатталған.

Осы бөлім аясында жүргізілген зерттеулер негізінде осындай нәтижелер алынды:

ТЖК инфрақұрылымдық объектілерінде ауа сапасының мониторингі жүйесі жобаланған және іске асырылған. Жүйе (немесе АСММАЖ) екі негізгі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің бірыңғай сервері және ақпарат жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микроконтроллерінің негізінде жасалған. Жұмысы WiFi-ге тәуелді АСММАЖ компоненттік құрылғылары үшін ESP8266 микроконтроллеріне негізделген таратқыш пайдаланылды, бұл 802.11n стандартына сәйкес тұрақты байланысты қамтамасыз етеді.

802.11n протоколының мұндай таңдауының артықшылықтары: қарапайымдылық және пайдалану, қарапайым басқару, байланыс арнасына аз жүктеме, байланыстың тұрақты жоғалуы немесе желідегі басқа мәселелер жағдайында жұмыс істеу, жіберілетін мазмұн форматына шектеулер жоқ.

Іске асырылған АСММАЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT протоколы арқылы барлық құрылғылардан әр датчиктің жағдайы және қоршаған ортаның ластануымен бірге жүретін ТЖ апат орнындағы құрылғының орналасқан жері туралы ақпарат алады. Белгілі бір жиіліктегі барлық деректер сервердегі мәліметтер базасына уақыт белгілері бар тиісті форматта жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-интерфейс қолданылады, бұл АСММАЖ-ді веб-шолғышы бар барлық құрылғылардан басқаруға мүмкіндік береді. [89]

Мониторинг жүйесі (АСММАЖ) Украина мен Қазақстанның теміржол желілерінде тұрақтылық пен жұмыс жылдамдығына сәтті сыналды. Тестілеу кезінде деректерді беру құралдарына модификация жасалды. Атап айтқанда, қосымша жоғары жиілікті сүзгілерді қолдану арқылы электрмен жабдықтау жүйесі өзгертілді. АСММАЖ веб-қосымшасының жұмысы әр түрлі виртуалдандыру жүйелерінде және берілген есептеу ресурстарының әр түрлі мөлшерінде сыналған.

ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерін ресми сипаттауды бағдарламалық қамтамасыз ету жүзеге асырылды. ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету қарқындылығы, келу уақыты, өрістету және жою бөлімшелерінің іс-қимылдарының өнімділігі мен тасымалданатын қауіпті жүктерден қоршаған ортаға залалды барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасындағы сандық арақатынастар белгіленді.

Өзірленген қосымшаның көмегімен компьютерлік модельдеу нәтижелері бойынша ТЖ АЖ салдарының қоршаған ортаға теріс әсерін едәуір азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің

шоғырлану уақытын қысқарту және қажетті өнімділік күштері мен құралдарын қолдану кезінде мүмкін болатындығы көрсетілген. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы осындай күштер мен құралдардың өнімділігін бірнеше есе арттыруды талап етеді. Компьютердегі имитациялық есептеу эксперименттері барысында, егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары оның сипатына сәйкес келмесе және/немесе өте өнімсіз болса, онда оларды жою орнына уақтылы шоғырландырса да, олар тиімді болмайтындығы анықталды. Немесе, егер жою құралдары жеткілікті тиімді болса да, бірақ оларды осы жағдайдың пайда болу орнына шоғырландыру кешіктірілсе, олар да нәтиже бермейді. [89]

Бұл бөлім [88], [89], [90], [91], [92] жұмыстарында қарастырылған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертация аясында жүргізілген зерттеулер келесі тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді:

1. Қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде экологиялық қауіпсіздікке байланысты ТЖК-дегі апаттық жағдайларды жоюды басқару мәселелері бойынша алдыңғы зерттеулерге шолу және талдау жүргізілді. ТЖК-де экологиялық қауіпсіздікті бағалау үшін инновациялық зияткерлік және автоматтандырылған технологияларды қолдану қажеттілігі негізделген. ТЖК апаттың салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау үшін әдістер мен модельдерге талдау жүргізілді және осындай апаттардың экологиялық және экономикалық салдарын бағалауға әсер ететін себеп-салдарлық байланыстарды ескере отырып, ТЖК апаттарының салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалау технологияларын дамыту жөніндегі міндеттердің басымдығы көрсетілді. [38]

2. ТЖ АЖ туындаған кезде жедел штабтың басшысы мұндай жағдайдың құрамдас бөліктері арасындағы себеп-салдарлық байланыстар туралы толық және жеткілікті ақпараттың болмауының күрделі жағдайларында бағынышты басқару пункттері мен жою бөлімшелерін келісуге, үйлестіруге және басқаруға бағытталған жеке, алқалы, ақпараттық, ұйымдастырушылық, жедел шешімдердің белгілі бір санын қабылдауы қажет екені анықталды, олар одан асып кетуі мүмкін мұндай шешімдер қабылдау және/немесе олардың дұрыстығына әсер ету мүмкіндігі. [58]

3. Апаттық жағдайдың туындау мүмкіндігін, оны бағалауды, оқшаулауды және оның салдарын жоюды ескере отырып, ТЖКЖ-нің қауіпсіз жұмыс істеу жай-күйінің бағдарланған графы түрінде ҚЖ теміржол тасымалы жүйесі ресімделді.

4. Математикалық модельдер әзірленді, олар жүйені сенімділік жағдайында қолдаудың белгілі бір технологиялық және ұйымдастырушылық шараларына байланысты қауіпсіз жұмыс жағдайында қауіпті жүктерді тасымалдау кезінде ТЖКЖ болу ықтималдығын практикалық есептеу деңгейіне жеткізілді. ТЖ АЖ оқшаулау және жою бойынша уақтылы негізделген шешім қабылдаудың жеделдігі жою жұмыстарының уақытын едәуір қысқарту түрінде ғана емес, сонымен қатар ҚО-дағы осы жағдайлардың жағымсыз салдарын пропорционалды түрде азайту түрінде айқын синергетикалық әсер беретіні дәлелденді. Шешімдерді қабылдаудың ситуациялық жағдайларына негізделген ТЖ АЖ жоюдың типтік жағдайларында ЖБШ іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық сызбалары ЖБШ басшысының ШҚҚЖ білім базасында пайдалану үшін әзірленді.

5. Теміржол көлігінің функционалды ішкі жүйесінің құрылымдық бөлімшелерінің апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуін ұйымдастырудың әртүрлі сызбаларын негіздеу және модельдеу үшін, осындай бөлімшелердің желілік жүйелерін (қосылыстарын) қалыптастыру, оларды қажетті ресурстармен қамтамасыз ету, осындай бөлімшелердің іс-әрекеттерінің

тиімділігін болжау және бағалау үшін жаппай қызмет көрсету теориясының классикалық әдістерін және осы әдістердің бейімделген нұсқаларын қолдану мүмкіндігі көрсетілген.

ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету қарқындылығы, келу уақыты, өрістету және жою бөлімшелерінің іс-қимылдарының өнімділігі және ТЖК тасымалданатын қауіпті жүктерден қоршаған ортаға залалды барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасында сандық арақатынас белгіленді. ТЖ АЖ салдарларының қоршаған ортаға теріс әсерін едәуір азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің шоғырлану уақытын қысқарту және қажетті өнімділік күштері мен құралдарын қолдану кезінде мүмкін болатындығы дәлелденді. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы осындай күштер мен құралдардың өнімділігін бірнеше есе арттыруды талап етеді. Есептеу эксперименттері барысында егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары оның сипатына сәйкес келмесе және/немесе өте өнімсіз болса, онда оларды жою орнына уақтылы шоғырландырса да, олар тиімді болмайтыны анықталды. Немесе, егер жою құралдары жеткілікті тиімді болса да, бірақ оларды осы жағдайдың пайда болу орнына шоғырландыру кешіктірілсе, олар да нәтиже бермейді. [89]

6. ТЖД инфрақұрылымдық объектілерінде ауа сапасының мониторингі жүйесі жобаланған және іске асырылған. Жүйе (немесе АСММАЖ) екі негізгі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің бірыңғай сервері және ақпарат жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микроконтроллерінің негізінде жасалған. Жұмысы WiFi-ге тәуелді АСММАЖ компоненттік құрылғылары үшін ESP8266 микроконтроллеріне негізделген таратқыш пайдаланылды, бұл 802.11n стандартына сәйкес тұрақты байланысты қамтамасыз етеді. Іске асырылған АСММАЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT протоколы арқылы барлық құрылғылардан әр датчиктің жағдайы және қоршаған ортаның ластануымен бірге жүретін ТЖ апат орнындағы құрылғының орналасқан жері туралы ақпарат алады. Белгілі бір жиіліктегі барлық деректер сервердегі мәліметтер базасына уақыт белгілері бар тиісті форматта жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-интерфейс қолданылады [89], бұл АСММАЖ-ді веб-шолғышы бар барлық құрылғылардан басқаруға мүмкіндік береді. Мониторинг жүйесі (АСММАЖ) Украина мен Қазақстанның теміржол желілерінде тұрақтылық пен жұмыс жылдамдығына сәтті сыналды. Тестілеу кезінде деректерді беру құралдарына модификация жасалды. ADO.net технология платформасында уақыт шектеулерінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс әрекеттерін ресми сипаттауды бағдарламалық қамтамасыз ету жүзеге асырылды. ТЖ АЖ қауіпті факторларының әсер ету қарқындылығы, келу уақыты, өрістету және жою бөлімшелерінің іс-қимылдарының өнімділігі және ТЖК тасымалданатын қауіпті жүктерден қоршаған ортаға залалды барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасында сандық арақатынас белгіленді. Өзірленген қосымшаның көмегімен компьютерлік модельдеу нәтижесінде ТЖ

АЖ салдарының қоршаған ортаға теріс әсерін едәуір азайту мүмкін болатындығы көрсетілген:

- жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқартқан кезде;
- бөлімшелердің шоғырлану уақытын қысқартып, күштер мен құралдарды қажетті өнімділікпен қолданғанда.

Ал шоғырлану уақыты ұлғайса, осындай күштер мен құралдардың өнімділігін бірнеше есе арттыру қажет. Егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары өзінің сипаттамаларына сәйкес келмесе және/немесе өнімділігі өте төмен болса, оларды жою орнына уақтылы шоғырландырғанымен, компьютердегі имитациялық есептеу тәжірибелері барысында олардың тиімді болмайтындығы анықталды. Ал егер апаттық жағдай салдарын жою құралдары жеткілікті тиімді болып, бірақ оларды апатты жағдай орнына тым кеш шоғырландырса да, оң нәтижеге жетпейді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ

1. Павлова, Е. И. Общая экология и экология транспорта: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е.И.Павлова, В.К.Новиков.– 5-е изд., перераб. и доп.– Москва: Издательство Юрайт, 2019.– 480 с.
2. Либерман, Б. А., Хмелев, А. С. (2016). Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России. Современные проблемы транспортного комплекса России, 6(1 (7)). с. 51-54.
4. Зубрев Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н.И. Зубрев. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с.
5. Крутякова В.С. Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и транспортном строительстве / В.С. Крутяна. – М.: Транспорт, 1993. – 352 с.
6. Transport accident statistics. Statistics Explained. Source : Statistics Explained (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statisticsexplained/>).
7. Archive:Transport accident statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Transport_accident_statistics&oldid=211568
8. Accidents at work statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/overview>
9. Мямлин, С. В., Зеленко, Ю. В., Недужа, Л. А. (2015). Параметрическая экология на железнодорожном транспорте: принципы, оценка, контроль, безопасность. Днипро. С. 270.
10. Либерман Б. А., Хмелев А. С. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России //Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – Т. 6. – №. 1 (7). – С. 51-54.
11. Aher, S. B., Tiwari, D. R. (2018). Railway Disasters in India: Causes, Effects and Management. International Journal of Reviews and Research in Social Sciences, 6(2), 125-132.
12. Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary. <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.html>
13. Кацман М. Вероятностная модель определения эффективности действий по локализации экологических последствий транспортных событий / М. Кацман, С. Мирошниченко // RIADENIE BEZPEČNOSTI ZLOŽITÝCH SYSTÉMOV: Zbornik vedecrých a odborných prác Medzinárodná vedecko-odborná konferencia, 24–28.02.2014 r.: abstrakty, Liptovský Mikulaš, Slovakia 2014. – С.265–272.
14. Правила перевозок опасных грузов к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС). Приложение 2. Изд. в 2-х томах. К.:, 2006. – Т.1 – 576 с.

15. Умурзаков Д. Создание транспортно-логистических центров для распределения, хранения и перевозки грузов в северном регионе РК ҚР //Бас редактор. – 2017. – №. 4. – С. 36-41.

16. Чумляков К. С., Чумлякова Д. В. Экологизация и безопасность в планах развития международных транспортных коридоров //Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – №. 3 (35). – С. 240-251.

17. Абуова А.К. Автоматизированные системы поддержки решений по реагированию на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте // Материалы международной практической интернет-конференции «Актуальные проблемы науки». – Алматы: КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, 22 ноября 2018. – С.180-182. <https://doi.org/10.31643/2018.034>.

18. Попов В.Г. Оценка риска от аварийных происшествий/ В.Г. Попов, Ф.И.Сухов, С.В. Петров. URL: <http://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/785/1134>

19. Медведев В.И. Методы управления безопасностью перевозочного процесса опасных грузов и пути повышения экологической безопасности на железнодорожном транспорте: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук: спец. 05.22.08 – управление процессами перевозок/ Медведев Владимир Ильич: Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск, 2001. – 40 с.

20. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев -Учебное пособие. – Москва.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

21. Сорока М. Л., Технология ликвидации разливов нефтепродуктов с превентивным накоплением сорбентов в зоне образования и локализации разлива / М. Л. Сорока, Л. А. Ярышкина URL: <http://elibrary.ru/ contents.asp? issueid=1284881>.

22. Макарова Е.И. Научные основы защиты окружающей среды при ликвидации, обезвреживании и блокировании загрязнений железнодорожного транспорта: автореферат на соискание научной степени доктора технических наук: спец. 03.02.08 - Экология (по отраслям)/ Макарова Елена Игоревна: Ростовский государственный университет путей сообщения – Ростов-на-Дону, 2007. – 42 с.

23. Мартынюк И.В. Повышение безопасности железнодорожных перевозок опасных грузов с учетом взаимодействия с другими видами транспорта и окружающей средой : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.22.01 – транспортные и транспортно-технологические системы страны и её регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки)/ Мартынюк Игорь Владимирович: Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2007. – 28 с.

24. Мироненко В. К. Научно-методические подходы к оценке безопасности системы железнодорожных перевозок пассажиров и грузов / В. К. Мироненко, Н. Д. Кацман, А. Г. Родкевич // Маркетинг и логистика в системе менеджмента пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте: II

Международная научно-практическая конференция, 20-22 сентября 2011 г.: тезисы доп. - Киев, 2011. - С. 120-122.

25. Бутько Т.В. Интеллектуальные аспекты формирования системы поддержки решений оперативного персонала пограничных станций / Т.В.Бутько, Г.С.Баулина // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - № 2, 2003. - С.8-12.

26. Годяев А.И. Методологические основы и принципы построения системы поддержки принятия решений в задачах обеспечения безопасности управления движением на железнодорожном транспорте: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук: спец: 05.22.08 – управление процессами перевозок/ Годяев Александр Иванович: Московский государственный университет путей сообщения. – Москва, 2010. – 40 с.

27. Цуриков А.Н. Интеллектуальная советующая система управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте/ А.Н. Цуриков // Бюллетень Объединённого ученого совета ОАО «РЖД». Москва, 2013. – № 3. – С.70–76.

28. Akhmetov B., Lakhno, V., Malyukov, V., Omarov, A., Abuova, K. Issaikin, D., Development of a decision support system on the distribution of financial resources for emergency situations elimination on railway transport//Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(16), с. 4401-4411, 2019.

29. Б. С. Ахметов, В. А. Лахно, А. К. Абуова. Интеллектуальные технологии для анализа чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте// Вестник ПГУ, Серия энергетическая. № 1. – 2019. – С. 43-51

30. Official CALPUFF Modeling System. URL: <http://o53xo.onzggltdn5wq.nblz.ru/>

31. ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres). 5.4.4 URL: <http://0s.mrxwgz3pfzxxezy.nblz.ru/aloha-tech-doc>.

32. Ключкова Е.А. Промышленная, пожарная и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте. - М.: УМЦ ЖДТ, 2008. - с. 456.

33. Малов Н. Н., Коробов Ю. И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 2004. - с. 238.

34. Плахотник, В.М., Лахнова, Ю.В. (2002). Взаимодействие объектов железнодорожного транспорта с окружающей средой. экология и природопользования, 4, с. 163-169.

35. Association of American Railroads. Official web-site. [online] Available at: < <https://www.aar.org> > [Accessed 16 July 2020].

36. Canadian Pacific Railway. Official web-site. [online] Available at: <<http://www.cpr.ca>> [Accessed 24 July 2020].

37. CSX Transportation. Official web-site. [online] Available at: <<http://www.csx.com>> [Accessed 16 July 2017].

38. Шалабаева М. Х., Абуова А. Экологические проблемы на железнодорожном транспорте. Вестник КазНИТУ им.К.И.Сатпаева. Том 143 №5 (2021). – С. 115-122.

39. Шалабаева М. Х. Анализ методов и моделей для автоматизированной оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте. //Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сборник статей XX МНТК. Пенза: Приволжский дом знаний, 2020, с. 226-231
40. Новосельцев В. И. Системный анализ: современные концепции (издание второе, исправленное и дополненное) / В. И. Новосельцев. – Воронеж: Из-во «Кварта», 2003. – 360 с.
41. Дружинин В. В. Проблемы системологии (проблемы теории сложных систем) / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М.: Сов.радио, 1976. – 296 с.
42. Neumann J., Morgenstern O. Theory of games and economic behavior. Princeton University Press, 1953. – 703 p.
43. Бельская Е.Н. Методика расчета экологических рисков/ Е.Н. Бельская, О.В.Бразговка., Е.В.Сугак. [URL:http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15755](http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15755).
44. Мироненко В. К. Повышение эффективности боевого применения подразделений ликвидации последствий чрезвычайной ситуации при железнодорожных перевозках опасных грузов с учетом экологического аспекта / В. К. Мироненко, Н. Д. Кацман, В. И. Мацюк // Системы вооружения и военная техника. Харьков. – 2015. – Вып.2 (44). – С.168-72.
45. Юхимчук С. В. Человек-машинный алгоритм СППР руководителя тушения пожара в подвижном составе железнодорожного транспорта / С. В. Юхимчук, В. П. Лапин, Н. Д. Кацман: Международная научно-практическая конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и информационные технологии» (17–19 мая., Черновцы). 2006. С. 73-74.
46. Юхимчук С. В. Структура программного обеспечения для принятия решений по ликвидации пожара в подвижном составе железнодорожного транспорта / С. В. Юхимчук, В. А. Леонтьев, Н. Д. Кацман, Ю. В. Поремський, В. А. Гричина // Вестник Херсонского национального технического университета. Херсон: 2006. – № 2 (25). – С. 532-536.
47. Кацман М. Д. Направление автоматизации процесса оценки обстановки при авариях с участием некоторых опасных грузов / Н. Д. Кацман, В. П. Лапин, И. И. Слуговин: научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пожарной автоматики» (15,16 Березно г. Харьков). Харьков: АИДЗУ, 2006. – С.41-43.
48. Пожарная тактика: учебник / П. П. Ключ, В. Г. Палюх, А. С. Пустовой, Ю. М. Сенчихин, В. В. Сыров. Х.: Основа, 1998. – 592 с.
49. Повзик Я. С. Пожарная тактика: учебник для пож.-тех.училищ / Я. С. Повзик, П. П. Ключ, А. И. Матвейкин. М.: Стройиздат, 1990. – 335 с.
50. Рекомендации по тушению пожаров на объектах и в подвижном составе железнодорожного транспорта: приказ МПС РФ от 24.05.2002 № 133-Ц. М.: Транспорт, 2002. – 174 с.

51. Кацман М. Д. Информационная модель идентификации экологически опасных чрезвычайных ситуаций / Н. Д. Кацман, А. Г. Родкевич // Сб. науч. работ ХУВС. Харьков. – 2015. – Вып. 1 (42). – С.126-131.

52. Шитов В. М. Восстановительные работы на железнодорожном транспорте / В. М. Шитов, Н. А. Шелобытко. – М.: Транспорт, 1993. – 167 с.

53. Пасхальный В. В. Система поддержки принятия решений руководителем при тушении пожара в подвижном составе / В. Пасхальный, Ю. Ф. Потетюев, А. Н. Головченко, С. В. Юхимчук, И. Ф. Зиненко, М. Д. Кацман // Железнодорожный транспорт Украины, 2002. – № 3. – С. 34-35.

54. Потетюев Ю. Ф. Необходимость разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений руководителей ликвидации аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте / Ю. Ф. Потетюев, И. Ф. Зиненко, Н. Д. Кацман, С. В.: Юхимчук // VII Международная научно-практическая конференция «Наука и образование 2004» (Днепропетровск, 5,6 сентябре 2004) - С. 65-68.

55. Юхимчук С. В. Функциональные возможности системы поддержки принятия решений руководителем тушения пожара в подвижном составе железнодорожного транспорта / С. В. Юхимчук, Ю. Ф. Потетюев, С. Ю. Потетюев, Ю. В. Поремський, М. Д Кацман // сб. науч. трудов Международной научной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий» (Херсон, 6,7 июнь 2005). – Херсон: Издательство Херсонского морского института, 2005. – Том 2. – С. 163-164.

56. Янников, Игорь Михайлович, et al. "Применение беспилотных летательных аппаратов при разведке труднодоступных и масштабных зон чрезвычайных ситуаций." Вектор науки Тольяттинского государственного университета 3 (2012): 51-53.

57. Таранцев, А. А., Чикитов Ю. И. «Модель применения беспилотных летательных аппаратов в целях тушения крупных лесных пожаров в зоне применения наземных сил и средств.» Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России» 2 (2016). С. 34–39.

58. Ахметов Б. С., Шалабаева М. Х. Математическая поддержка реагирования на железнодорожные аварийные ситуации. Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Серия Технические науки и технологии. Нур Султан, 2021. № 1 (134). с. 80-90.

59. Ахметов Б. С., Шалабаева М. Х. Управление реагированием на железнодорожные аварийные ситуации при транспортировке опасных грузов и оценки экологической безопасности при ликвидации последствий. МНПК «30 лет независимости Республики Казахстан: Успехи независимости» (КАУ). Алматы, 2021, с.60-62

60. Шалабаева М. Х. Особенности реагирования на железнодорожные аварийные ситуации, сопровождающиеся экологическим ущербом. XXI МНТК

«Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике». Пенза, 2021, с. 239-242

61. Ефанов, А. В., Оськин, С. В., Ястребов, С. С., Ярош, В. А., & Букреев, А. Г. (2019). Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях. *Сельский механизатор*, (4), 22–24.

62. Арифуллин, Е. З., Калач, А. В., & Зыбин, Д. Г. (2018). Моделирование действий и оптимизация численности сотрудников учреждения ФСИН России при возникновении чрезвычайной ситуации. *Вестник Воронежского института ФСИН России*, (2), 33–37.

63. Каменецкая, Н. В., Медведева, О. М., Хитов, С. Б., & Сильников, М. В. (2019). Методика обоснования резерва запасных частей для работы специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации. *Пожаровзрывобезопасность*, 28(3), 14–20.

64. Мальцев, А. В., Дзгоев, А. Р. (2017). Применение теории массового обслуживания при моделировании показателей эффективности системы 112. *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*, 1, 500–503.

65. Годосейчук, С. П., Самойлов, К. И., Климачева, Н. Г. (2011). Метод оценки потребности региональных подразделений МЧС России в комплексах аварийно-спасательных средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. *Технологии гражданской безопасности*, 8(3). 26–34.

66. Рыков, В. В. (1975). Управляемые системы массового обслуживания. *Итоги науки и техники. Серия «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика»*, 12(0), 43–153.

67. Кирпичников А. П., Фадхкал З. Прикладная теория массового обслуживания // Теория и практика современной науки. – 2014. – С. 15-19.

68. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – С. 336.

69. Шалабаева М. Х., Абуова А. Модель процессов восстановления безопасного состояния системы «окружающая среда-аварийный объект». *Вестник Павлодарского государственного университета им. С.Торайгырова. Наука и техника Казахстана*. – № 2 (2021). – С.173-182. ISSN 2788-8770

70. Kasatkin D. Y., Shalabayeva M. Assessment of the restoration process efficiency of the «environment-emergency object» system security. *Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 81 МНПК (Днепр, ДНУЖТ им. академика В. Лазаряна, 2021г.)*, с.137-138

71. Шалабаева М. Х., Абуова А. К. Модель процессов восстановления безопасного состояния системы «окружающая среда-аварийный объект». *СБОРНИК ТРУДОВ МНПК «Транспортный потенциал Казахстана: истоки и перспективы»*, посвященной 80-летию государственного деятеля Н.К.Исингарина. Алматы: Академия логистики и транспорта, 2021, с.180-183

72. Грига, В., Сачовський, А., & Мандзюк, В. Специализированная система измерения качества воздуха на базе ESP32. С. 12.

73. Arsyad, N. A., Syarif, S., Ahmad, M., & As'ad, S. (2020). Breast milk volume using portable double pump microcontroller Arduino Nano. *Enfermeria clinica*, 30, 555-558.
74. Santosa, E. S. B., & Waluyanti, S. (2019, November). Teaching Microcontrollers using Arduino Nano Based Quadcopter. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1413, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
75. Mesquita, J., Guimarães, D., Pereira, C., Santos, F., & Almeida, L. (2018, September). Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (Vol. 1, pp. 784-791). IEEE.
76. Wang, Y., Li, J., Jing, H., Zhang, Q., Jiang, J., & Biswas, P. (2015). Laboratory evaluation and calibration of three low-cost particle sensors for particulate matter measurement. *Aerosol Science and Technology*, 51(11), 1063-1077.
77. Jose, J., & Sasipraba, T. (2019, April). Indoor air quality monitors using IOT sensors and LPWAN. In *2019 3rd International conference on Trends in electronics and informatics (ICOEI)* (pp. 633-637). IEEE.
78. Wyrwoł, B. (2010). System uruchomieniowy AVR-FIS. *Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania*, 51(9), 44-47.
79. Hutter, M., & Schwabe, P. (2013, June). NaCl on 8-bit AVR microcontrollers. In *International Conference on Cryptology in Africa* (pp. 156-172). Springer, Berlin, Heidelberg.
80. Data, M., Luthfi, M., & Yahya, W. (2017, November). Optimizing single low-end LAMP server using NGINX reverse proxy caching. In *2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)* (pp. 21-23). IEEE.
81. van Vugt, S. (2014). Setting Up a LAMP Server. In *The Definitive Guide to SUSE Linux Enterprise Server 12* (pp. 309-329). Apress, Berkeley, CA.
82. Xiaodong, J., & Xiaoping, C. (2018). Design of Elevator Io T System Based on LAMP Server Platform. *Microcontrollers & Embedded Systems*, 06.
83. Казанский, А. А. (2011). Объектно-ориентированное программирование на языке Microsoft Visual C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008 и .NET Framework. 4.3. 566 с.
84. Биллиг, В. А. (2017). Основы объектного программирования на C#(C# 3.0, Visual Studio 2008). 416 с.
85. Пауэрс, Л., & Снелл, М. (2009). Microsoft Visual Studio 2008. 1008 с.
86. Кацман М. Д. Методологічні засади організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Національний авіаційний університет. Київ, 2018. 420 с.
87. Кацман, М. Д., & Адаменко, М. І. (2012). Аналіз впливу на екологічний стан довкілля основних властивостей небезпечних вантажів, що

перевозяться залізничним транспортом. Системи обробки інформації, (5), 158-164.

88. Akhmetov B., Lakhno V., Blozva A., Shalabayeva M., Abuova A. Skladannyi P., Sagyndykova Sh. Development of a mobile automated air quality monitoring system for use in places of technogenic accidents on railway transport . Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 15th March 2022. Vol. 100, № 05-2022. P.1287-1300

89. Ахметов Б. С., Лахно В.А., Шалабаева М. Х., Алимсеитова Ж.К., Абуова А. К. Сапаны мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін жасау. Вестник КазАТК им.М.Тынышпаева № 4 (123), 2022. с.235-244

90. Ахметов Б. С., Лахно В.А., Блозва А.И., Шалабаева М. Х., Абуова А.К. Мобильная автоматизированная система мониторинга качества воздуха. XIII Всеукраинская ННК «Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем». Коблево, 2021, с.49-50

91. Шалабаева М.Х. Разработка и реализация мобильной автоматизированной системы мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) для применения в местах техногенных аварий на железнодорожном транспорте . МНПК «Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании». Днепр, 2021, с. 41

92. Mazin Al Hadidi, Shalabayeva M. Automated system for monitoring air quality in railway accident sites. МНПК «Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании». Днепр, 2022, с. 54

ҚОСЫМША А ADO.net технологиялық платформасында уақыт шектеуінсіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің сипаттамасын формалды бейнелеу бағдарламасының листингі (командалар тізімі)

```
using System;
using System.Drawing;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;
using System.Collections.Generic;

namespace SMO
{
    internal partial class SMO : Form
    {
        //Для получения номеров заявок
        private static int Number;
        public static int GetNumber()
        {
            return ++Number;
        }

        //Для получения максимально приемлемого числа заявок в очереди
        private static int max_Bd;
        public static int Max_Bd
        {
            get { return max_Bd; }
            private set { max_Bd = value; }
        }

        //Генерация случайного числа
        private static Random rand = new Random();
        public static int Random_Num(int min, int max)
        {
            if (max <= 0)
                throw new Exception("Error");
            return rand.Next(min, max);
        }

        //Таймер
        private readonly System.Windows.Forms.Timer timer;

        //Основные свойства
        //Время работы моделирования
    }
}
```

```

private int T_Model;
private int T_Modelpost = 0;
public int T_Model
{
    get { return T_Model; }
    private set
    {
        T_Model = value * 60 * 1000;
    }
}

//5 различных очередей на ликвидацию последствий ЖД аварии и ущерба
для ОС с заявками и их графическое представление
private List<Queue> qu_eues;
private List<Label> qu_eues_labels;
//
//Список окон и их графического представления
private List<Window> wind;
private List<Label> wind_labels;
private List<ProgressBar> wind_progress;

//Тик таймера
private readonly int timerTick = 500; //Время, равное одной минуте
моделирования = 1000
//Таймер будет обновляться каждые 0.5 секунды
private int timerSpeed;

//Переменная будет отвечать работает ли моделирование до конца времени
или же до последнего клиента
private readonly bool exit_bool;
//Переменная будет хранить время, на которое моделирование задержалось
вследствие большого притока клиентов
private int time_after = 0;

ApplicationSettings AS;

private bool AS_bool = true;

public SMO(List<Queue> _qu_eues, List<Window> _wind, ApplicationSettings
_as)
{
    InitializeComponent();

    Number = 0;

```

```

FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedSingle;
StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen;
MaximizeBox = false;

AS = _as;

T_Model = AS.T_Model;
Max_Bd = AS.LengthQueue;
qu_eues = _qu_eues;
wind = _wind;
qu_eues_labels = new List<Label>();
wind_labels = new List<Label>();
wind_progress = new List<ProgressBar>();
exit_bool = AS.BoolExitModel;
timerSpeed = 1;

timer = new System.Windows.Forms.Timer();
timer.Interval = timerTick;
timer.Tick += Timer_Tick;
timer.Enabled = true;
design();
foreach (var elem in qu_eues_labels)
    elem.Mouse_Hov += Elem_Mouse_Hov;
foreach (var elem in qu_eues_labels)
    Controls.Add(elem);
foreach (var elem in wind_labels)
    Controls.Add(elem);
foreach (var elem in wind_progress)
    Controls.Add(elem);
}

private void Elem_Mouse_Hov(object sender, EventArgs e)
{
    ToolTip toolTip1 = new ToolTip();
    toolTip1.AutoPopDelay = 5000;
    toolTip1.ShowAlways = true;
    Label tmp = (Label)sender;
    if(tmp.BackColor == Color.Red)
        toolTip1.SetToolTip((Label)sender, "Критическая длина очереди");
    if (tmp.BackColor == Color.Orange)
        toolTip1.SetToolTip((Label)sender, "Длина очереди приближается к критической");
    if (tmp.BackColor == Color.Green)

```

```
        tooltip1.SetToolTip((Label)sender, "Приемлемая длина очереди");
    }
```

```
private void design()
```

```
{
    listView1.View = View.List;

    trackBar1.Max = 9;
    trackBar1.Value = 0;
    trackBar1.ValueChanged += TrackBar1_ValueChanged;
```

```
    foreach (var elem in qu_eues)
    {
        elem.OnUpdate += Elem_OnUpdate;
        elem.OnGetInfo += Elem_OnGetInfo;
        Label L = new Label();
        L.Location = new Point(elem.Type * 95 + 5, 480);
        L.Size = new Size(85, 30);
        L.BackColor = Color.LightGray;
        qu_eues_labels.Add(L);
    }
```

```
    int x = 230, y = 1;
```

```
    foreach (var elem in wind)
    {
        elem.On_Method_Bid += Elem_On_Method_Bid;
        elem.OnMethodFree += Elem_OnMethodFree;
        elem.OnMethodInfo += Elem_OnMethodInfo;
        elem.OnMethodMessage += Elem_OnMethodMessage;
```

```
        if (x > 10)
            x = 10;
        else
            x = 230;
```

```
        Label L = new Label();
        L.Location = new Point(x, 60 * y);
        L.Size = new Size(150, 40);
        L.BackColor = Color.AliceBlue;
        wind_labels.Add(L);
        ProgressBar P = new ProgressBar();
        P.Location = new Point(x, 60 * y + 40);
        P.Size = new Size(150, 8);
```

```

        P.Step = 1;
        P.Max = 10;
        wind_progress.Add(P);

        if (x > 10)
        {
            y++;
        }

    }
}

private void TrackBar1_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    timerSpeed = trackBar1.Value + 1;
    timer.Interval = timerTick / timerSpeed;
    label3.Text = "Скорость = " + (trackBar1.Value+1).ToString() + "x";
}

private void Elem_OnMethodMessage(string message)
{
    ListViewItem lwi = new ListViewItem(message);
    lwi.BackColor = Color.WhiteSmoke;
    listView1.Items.Insert(0, lwi);
    if (listView1.Items.Count >= 35)
        listView1.Items.RemoveAt(34);
}

private void Elem_OnMethodInfo(int number, string message, int progress)
{
    wind_labels[number].Text = message;
    wind_progress[number].Value = progress;
}

private void Elem_OnMethodFree(int number, bool type)
{
    if (type && qu_eues[4].Count() > 0)
    {
        wind[number].AddBid(qu_eues[4].Delete());
        return;
    }
}

foreach(var elem in qu_eues)

```

```

        if(elem.Count() > Max_Bd)
        {
            wind[number].AddBid(elem.Delete());
            return;
        }

int qCount = 0;

foreach (var elem in qu_eues)
    qCount += elem.Count();

try
{
    int yCount = Random_Num(1, qCount);
    int ch = 0;
    foreach(var elem in qu_eues)
    {
        if(elem.Count() > 0 && elem.Count() + ch >= yCount)
        {
            wind[number].AddBid(elem.Delete());
            return;
        }
        else
        {
            ch += elem.Count();
        }
    }
}
catch(Exception)
{
    return;
}
}

private void Elem_On_Method_Bid(Bid bid)
{
    int random = Random_Num(0, 5);
    if(bid.Number == random)
        random = Random_Num(0, 5);
    if (qu_eues[random].NewBid == false)
    {
        foreach (var elem in qu_eues)
            if (elem.NewBid)

```

```

        elem.Add(bid);
    }
    else
    {
        qu_eues[random].Add(bid);
    }
}

private void Elem_OnGetInfo(int type, Color color, string message)
{
    qu_eues_labels[type].BackColor = color;
    qu_eues_labels[type].Text = message;
    label1.Text = "Заявок всего поступило - " + Number.ToString();
}

private void Elem_OnUpdate(string message, bool bidinfo)
{
    ListViewItem lwi = new ListViewItem(message);
    if (bidinfo)
        lwi.BackColor = Color.Aqua;
    else
        lwi.BackColor = Color.WhiteSmoke;
    listView1.Items.Insert(0, lwi);
    if (listView1.Items.Count >= 35)
        listView1.Items.RemoveAt(34);
}

private void Timer_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    T_Modelpost += timerTick;
    if (T_Modelpost >= T_Model)
    {
        if (exit_bool)
        {
            //Создание формы отчета
            FormReport();
        }
        else
        {
            bool t = false;
            foreach (var elem in qu_eues)
            {
                elem.NewBid = false;
                if (elem.Count() > 0)

```

```

        t = true;
    }
    foreach (var elem in wind)
    {
        if (elem.BidWork != null)
            t = true;
    }
    if (!t)
    {
        //Создание формы отчета
        FormReport();
    }
    else
    {
        time_after += timerTick;
    }
}
}
label2.Text = GetT_Modeling();
if (AS_bool && AS.BoolFastStart)
{
    foreach (var elem in qu_eues)
        elem.Update(AS.TypeQu_eues[0].TimeCreate*1000);
    AS_bool = false;
}
else
    foreach (var elem in qu_eues)
        elem.Update(timerTick);
foreach (var elem in wind)
    elem.Update(timerTick);
}

private string GetT_Modeling()
{
    string str = "Времени осталось - ";
    int t = (T_Model - T_Modelpost) / 1000;
    if (t / 60 > 0)
    {
        int r = t - (t % 60);
        r /= 60;
        t = t % 60;
        str += r.ToString() + " ч ";
    }
    if (t >= 0)

```

```

        str += t.ToString() + " мин";
    else
        str += "0 мин";
    return str;
}

private void FormReport()
{
    timer.Stop();
    string param = "Время моделирования - " + (T_Model/60000).ToString() +
" ч\n";
    if (exit_bool)
        param += "Время моделирования четко зафиксировано\n";
    else
        param += "Моделирование задержалось на " + (time_after /
1000).ToString() + " мин\n";
    int tmp = 0;
    foreach (var elem in qu_eues)
        tmp += elem.TimeForm;
    param += "Среднее время появления заявки - " + (tmp / 5000).ToString() +
" мин\n";

    tmp = 0;
    foreach (var elem in qu_eues)
        tmp += elem.TimeManage;
    param += "Среднее время обработки заявки - " + (tmp / 5000).ToString() +
" мин\n";

    tmp = 0;
    param += "Заявок поступило - " + Number.ToString() + "\n";
    foreach (var elem in wind)
        tmp += elem.Bids.Count;
    param += "Заявок обработано - " + tmp.ToString() + "\n";
    param += "Заявок упущено - " + (Number - tmp).ToString() + "\n";

    tmp = 0;
    foreach (var elem in wind)
        tmp += elem.TimeNotWork;
    param += "Время простоя ликвидационных подразделений - " + (tmp /
1000).ToString() + " мин\n";
    Report ReportF = new Report(param);
    ReportF.Owner = this;
    ReportF.OnMethodButton += ReportF_OnMethodButton;
    ReportF.ShowDialog();
}

```

```

//new Thread(() => Application.Run(new Report(param))).Start();
//Close();
}

private void ReportF_OnMethodButton(int button)
{
    switch(button)
    {
        case 0:
            {
                Close();
                break;
            }
        case 1:
            {
                List<Queue> qu_eues1 = new List<Queue>();
                List<Window> wind1 = new List<Window>();

                for (int i = 0; i < AS.CountWind - AS.CountWindPay; i++)
                {
                    Window W = new Window(i, false);
                    wind1.Add(W);
                }

                for (int i = AS.CountWind - AS.CountWindPay; i < AS.CountWind;
i++)
                {
                    Window W = new Window(i, true);
                    wind1.Add(W);
                }

                for (int i = 0; i < AS.TypeQu_eues.Count; i++)
                {
                    try
                    {
                        Queue Q = new Queue(AS.TypeQu_eues[i].TimeCreate * 1000,
AS.TypeQu_eues[i].TimeManage * 1000,
AS.TypeQu_eues[i].TimeCreateSR * 1000, checked((byte)i),
AS.PercentChangeType,
AS.PercentExitFromQueue, AS.TimeToExitFromQueue *
1000);
                        qu_eues1.Add(Q);
                    }
                }
            }
    }
}

```


ҚОСЫМША Ә Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін оқу процесіне енгізу актісі

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТРАНСПОРТНО-ГУМАНИТАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор - проректор университета
Турдалиев А.Т.
2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы докторанта PhD специальности
8D07100 – «Автоматизация и управление» Международного транспортно-
гуманитарного университета Шалабаевой М.Х. в учебный процесс

Мы, нижеподписавшиеся, председатель учебно-методического Совета Шалкарров А.А., заведующий кафедры «АиЭТ» доктор PhD Оралбекова А.О. и научный руководитель д.т.н., профессор Ахметов Б.С., составили настоящий акт о том, что результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в рамках диссертационной работы Шалабаевой М.Х. «Темір жол көлігіндегі апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалаудың әдістері мен модельдері», позволили внедрить мобильную автоматизированную систему мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) на инфраструктурных объектах железнодорожного транспорта (ЖДТ). В ходе апробации установлено, что система МАСМКВ позволяет повысить эффективность процедуры мониторинга состояния окружающей среды в месте аварийных ситуаций на ЖДТ, а также сократить затраты времени на организацию проведения мероприятий по ликвидации последствий аварийных ситуаций на ЖДТ на 15–20 % по сравнению с существующими решениями.

Указанные результаты используются в учебном процессе в 2023-2024 учебном году при чтении следующих лекционного курса «Теория, методы и средства системного анализа».

Председатель учебно-методического
Совета

Шалкарров А.А.

Заведующий кафедры
«АиЭТ»

Оралбекова А.О.

Научный руководитель

Ахметов Б.С.

ҚОСЫМША Б Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін
өндiрiске қабылдау туралы енгiзу актiсi



АКТ

о практическом использовании результатов диссертационной работы
Шалабаевой Майры Хусаиновны
«Темір жол көлігіндегі апат салдарын жою кезінде экологиялық
қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалаудың әдістері мен модельдері»

Основные результаты работы.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в рамках диссертационной работы «Темір жол көлігіндегі апат салдарын жою кезінде экологиялық қауіпсіздікті автоматтандырылған бағалаудың әдістері мен модельдері», позволили внедрить автоматизированную мобильную систему мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) в процессы автоматизации на инфраструктурных объектах ЖДТ. МАСМКВ состоит из единого сервера обработки данных и устройств сбора информации. Передатчик построен на базе микроконтроллера ATmega328. Для компонентных устройств МАСМКВ, работа которых зависит от WiFi, использован передатчик на базе микроконтроллера ESP8266, что обеспечивает стабильную связь по стандарту 802.11n.

Мобильная автоматизированная система мониторинга качества воздуха на инфраструктурных объектах (МАСМКВ) получает информацию через протокол MQTT со всех устройств о состоянии каждого датчика и местонахождение устройства в месте ЖД аварии, сопровождавшихся загрязнением окружающей среды. Все данные с определенной периодичностью записываются в базу данных на сервере в соответствующем формате с временными метками. Для доступа к хранимым данным используется WEB-интерфейс, что позволяет администрировать МАСМКВ из всех устройств, которые имеют веб-браузер.

Указанные результаты использованы на Алматинской дистанции сигнализации и связи ШЧ-33. В рамках испытаний, предусмотренных техническими условиями, установлено, что система МАСМКВ позволяет повысить эффективность процедуры мониторинга состояния окружающей среды в месте аварийных ситуаций на ЖДТ, а также сократить затраты времени на организацию проведения мероприятий по ликвидации последствий аварийных ситуаций на ЖДТ на 15–20 % по сравнению с существующими решениями.

Главный инженер

Ахмиев Б. Н.