

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Қасымов Ернар Жомартұлы

«Қарағанды облысында оптикалық кәбілдерді найзағайдан қорғау тәсілдерін  
талдау»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

\_\_\_\_\_ И.Сырғабаев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Қарағанды облысында оптикалық кәбілдерді найзағайдан  
қорғау тәсілдерін талдау»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Е.Ж.Қасымов

Пікір беруші

техн.ғыл.канд.,

АУЭС доценті

\_\_\_\_\_ А.О.Касимов

« 25 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2020 ж.

Ғылыми жетекші

PhD докторы,

сениор-лектор

\_\_\_\_\_ А.Хабай

« 25 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы  
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

\_\_\_\_\_ И. Сырғабаев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Қасымов Ернар Жомартұлы*

Тақырыбы «Қарағанды облысында оптикалық кәбілдерді найзағайдан қорғау тәсілдерін талдау»

Университет ректорының «27» қаңтар 2020 ж. № 762-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Жерасты кәбілді байланыс желісінің найзағайдан бүлінуі; Оптикалық кәбілдердің бүлінуіне найзағай ұзақтылығының әсері; 3) Зерттелетін аймақтағы найзағай ерекшеліктері; Зерттелген аймақта жердің өткізгіштігін экспериментальды түрде өлшеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Зерттелген аймақта жердің өткізгіштігін экспериментальды түрде өлшеу; ә) Найзағай разрядтарының металл элементтері бар оптикалық кәбілдерге әсер етуді анықтау; б) Найзағайдан оптикалық кабельдерді қорғау; в) Оптикалық кәбілдерді найзағайдың зақымдау тығыздықтарын бағалау; г) Найзағай тоқтарын ұстап қалу әдістері.

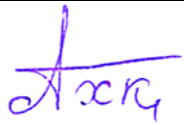
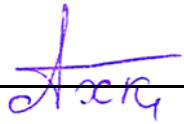
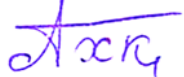
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 28 атау: 1) Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н.; Под ред. Кочановского Л.Н. - б-е изд., пер. И доп. Линии связи: Уч. для вузов. - М.: Радио и связь, 1995 - 488 с.: ил. 2) Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. - М.: ЛЕСАР арт, 2003. 288 с.; 3) Андреев В.А., Бурдин А.В., Многомодовые оптические волокна. Теория и приложения на высокоскоростных сетях связи. Мон. - М.: Радио и связь, 2004. - 248 с.

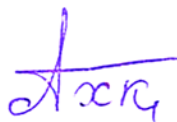
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2020 -25.01.2020	орындалды
Теориялық ақпарат	20.01.2020 -25.02.2020	орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі	25.02.2020 – 20.05.2020	орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған  
**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	А.Хабай, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы	24.04.2020	
Теориялық ақпарат	А.Хабай, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы	24.04.2020	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы Хабай А.	22.05.2020	

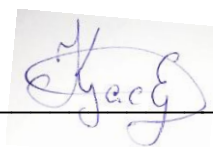
Ғылыми жетекшісі



А.Хабай

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Е.Ж.Қасымов

Күні

«\_22\_» \_\_\_\_\_05\_\_\_\_\_ 2020 ж.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Қарағанды облысы жерасты кәбілді байланыс желісінің найзағайдан бүлінуі қаралған. Сол жердегі найзағай тоқтарының таралуы есептелген. Найзағай разрядтарынан оптикалық кабельдерді қорғау қарастырылған. Найзағай тоқтарын ұстап қалу әдістері келтірілген.

Нөлдеу жұмысы орындалады, қарастырылып отырған оптикалық кабельдерді қорғау және пайдалану кезіндегі мәселелері қарастырылады.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе приводится грозоповреждаемость подземных кабельных линий связи в Карагандинской области. Рассчитано удельное сопротивление земли. Уточнены теории влияния грозовых разрядов применительно к оптическим кабелям (ОК) с металлическими элементами. А также выбраны разные методы защиты оптических кабелей.

В разделе выполняется зануление оборудования, рассматриваются вопросы при обслуживании и эксплуатации оптических кабелей.

## ANATATION

In this thesis are thunderstorm underground cable communication lines. Is the resistivity of the Earth. Refined toerii of lightning discharges for optic cables with metallic elements. As well as selected protection techniques of optical cables.

The section performs equipment zeroing, addresses issues in the maintenance and operation of optical cables.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жерасты кәбіл байланыс желісі	10
1.1 Жерасты кәбіл байланыс желісінің найзағайдан бүлінуі	10
1.2 Жерасты оптикалық байланыс жолдарының таңдау мүмкіндікті найзағайдан бүлінуі	15
1.3 Оптикалық кәбілдердің сынуына найзағай ұзақтылығының әсері	17
1.4 Тапсырманың қойылымы	22
1.5 Аймақтағы оптикалық кәбілдерді найзағайдың зиянынан қорғаудың графикалық шешімдері	26
2 Жердің үлестік кедергісі	28
2.1 Жердің өткізгіштігі. Жердің диэлектрлік өтімділігі	28
2.2 Жердегі найзағай тоғының таралуы	29
2.3 Зерттелген аймақта жердің өткізгіштігін өлшеу	30
3 Найзағай разрядтарының металлы бар оптикалық кәбілдерге әсер етуін анықтау	32
3.1 Найзағай разрядтарынан оптикалық кәбілдерді қорғау	33
3.2 Оптикалық кәбілдерді найзағайдан зақымдау тығыздықтарын бағалау	33
3.3 Найзағай тоқтарын ұстап қалу әдістері	39
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымша Б	



## КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта орталық аймақтарда оптикалық кәбілді байланыс жолдарының найзағайдан бүлінуінің статистикалық сипаттамаларын алу мүмкін емес, ондай жерасты оптикалық кәбілдер болғанның өзінде олардың эксплуатация мерзімдері ұзақ емес.

Металл элементі бар электрлік кәбілдер және кәбілді оптикалық байланыс жолдарына найзағай тоғының әсерінің принципі бірдей деп есептеліп, электрлік кәбілдерден алынған найзағайдан бүлінуінің статистикалық сипаттамаларын пайдаланып, нәтижелерді оптикалық кәбілдерге интерполяризациялауға болады.

Зерттелетін аумақта 4 кәбілді магистраль қойылған, олар бойынша найзағайдан бүлінудің статистикалық сипаттамалары жиналып, талданған.

# 1 Жерасты кәбіл байланыс желісі

## 1.1 Жерасты кәбіл байланыс желісінің найзағайдан бүлінуі

Осы жұмыстың негізгі мақсаты: статистикалық сипаттамаларды пайдаланғандағы Қазақстанның орталық аймақтарында зерттелетін, нағыз кәбілдік магистральдерден алынған оптикалық кәбілдік байланыс жолдардының найзағайдан бүлінуін анықтау.

Берілген бөлімде найзағайдан бүліну сипаттамалары Қазақстанның орталығының шарттарына сәйкес анализденеді, зерттеледі және бағаланады. Алынған нәтижелер климаттық, метеорологиялық және геологиялық сипаттамаларға ие болатын аймақтарда қолданылуы мүмкін [1].

Металл элементті оптикалық кәбілді байланыс жолдарының найзағайдан бүлінуінің есептелінуі және фактілігі.

Жер асты кәбілдік байланыс жолдардың найзағайдан бүлінуін зерттеу келесі магистральдарға өткізілді:

- магистраль № 1. Созылымдығы - 239 км, кәбіл типі - МКСАБ 4x4x1.2, бақылану кезеңі - 2010-2017 жж.;

- магистраль № 2. Созылымдығы - 159 км, кәбіл типі - МКСБ 1x4x1.2, бақылану кезеңі - 2010-2017 жж.;

- магистраль № 3. Созылымдығы - 108 км, кәбіл типі - МКСБ 1x4x1.2, бақылану кезеңі - 2010-2017 жж.;

- магистраль № 4. Созылымдығы - 392 км, кәбіл типі - МКСАСБп 4x4x1.2. Магистраль әртүрлі уақыттарда эксплуатацияланған төрт аймақтан тұрады.

Аймақ № 4-1. Созылымдығы - 140 км, 2010 жылдан бастап эксплуатацияланған.

Аймақ № 4-2. Созылымдығы - 164 км, 2011 жылдан бастап эксплуатацияланған .

Аймақ № 4-3. Созылымдығы - 182 км, 2012 жылдан бастап эксплуатацияланған.

Аймақ № 4-4. Созылымдығы - 106 км, 2013 жылдан бастап эксплуатацияланған.

Зерттелетін аймақта магистральдерден күтілетін найзағайдан бүлінуді бағалау үшін берілген бастапқы мәндер мен есептеу нәтижелері 1.1-кестеде көрсетілген.

1.2-кестеде пайда болған қауіпті найзағай соққыларының магистраль бойына таралу мәндері көрсетілген. Найзағайдың бір соққысынан кәбілдің бірнеше жерінде зақым пайда болуы мүмкін екенін ескере кету керек [2].

1.2-кестеде келесі түзету коэффициенттері алынған:

- $k_v$  –найзағайдан бүлінуге түзету коэффициенті, ол мына формуладан анықталады:  $k_v = q/T$ .  $T = 36$  сағ жылына – найзағайдың орташа ұзақтығы;

- $k_u$  – электрлік тығыздықтың түзету коэффициенті. Келесі формуладан анықталады:  $k_u = U_{пр}/U_{доп}$ , мұнда  $U_{пр}$  - 3000 В – кәбіл изоляциясының

есептелінген электрлік тығыздығы.

Кесте 1.1 - Магистральдердің найзағайдан бүлінуін бағалау

Алғашқы мәліметтер	Кәбілді жол нөмірі			
	1	2	3	4
Кәбіл түрі	МКСАБ 4x4x1,20	МКСБ 1x4x1,20	МКСБ 1x4x1,20	МКСАСБп 4x4x1,20
Метал жапқыштардың кедергісі (екі кәбіл) $R(\text{Ом/км})$	0,180	2,620	2,620	0,170
Грунттың бөліген орташа кедергісі $\rho$ (Ом м)	4000,0	5000,0	4000,0	5000,0
Трасса бойына орташа бүліну $q$ (сағат жылына)	17,0	9,0	11,0	17,0
Кәбіл оқшаулануының электрлік тығыздығы $I_{\text{доп}}$	3,50	3,80	3,80	3,50
найзағайдан бүлінуге түзету коэффициенті $k_q$	0,470	0,250	0,30	0,470
электр тығыздықтың түзету коэффициенті $k_u$	0,860	0,790	0,790	0,860
Жалпы түзету коэффициенті $k = k_q k_v$	0,40	0,20	0,240	0,40
Қауіпті саналатын найзағай соққысының есептелінген саны	0,0060	0,34	0,360	0,00150

Кесте 1.2 – Найзағайдан болатын соққылардың магистраль бойына таралуы

Соққылар	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
Барлығы	308,0	208,0	121,0	15,0
Байланыс ақауымен	210,0	190,0	105,0	9,0
Байланыс ақауынсыз	98,0	18,0	16,0	6,0

1.3-кестеде 1 жыл бойғы 100 км трассадағы кәбілге қауіпті найзағай соққыларының есептелген (Пр), фактілік (Пф) және мүмкін болатын (Пд) найзағай тогы  $I=30,0$  кА, пайда болатын ықтималдығы  $P=0,5$  болған жағдайдағы сандары көрсетілген. Сонымен қатар, найзағайдан қорғайтын сымға дейінгі КМ-1, КМ-2 және КМ-3- терге найзағайдан бүлінулер

талданған. Өртүрлі климаттық және геологиялық шарттары бар орындарды салыстыру үшін жеткілікті созылымы бар КМ-1- ге (КМ-1 А, КМ-1 Б) екі зоналар белгіленген [2].

Кесте 1.3 - 1 жыл бойына 100 км кәбілге қауіпті найзағай соққыларының саны

жол	Пд	Пр	Пф	Пф /Пр	Пф/Пд
КМ-1 (МКСАБ 4x4x1,20)	0,10	0,0060	0,20	33,0	2,00
КМ-1 А (МКСАБ 4x4x1,20)	0,10	0,00640	0,070	11,0	0,70
КМ-1 Б (МКСАБ 4x4x1,20)	0,10	0,00470	0,320	68,0	3,20
КМ-2 (МКСБ 1x4x1,20)	0,20	0,340	1,50	4,40	7,50
КМ-3 (МКСБ 1x4x1,20)	0,20	0,360	1,350	3,750	6,750
КМ-4 ( тросты) (МКСАБп 1x4x1,20)	0,10	0,00150	0,0540	36,0	0,540

1.3-кесте мәліметтерінен, №1, 2, 3 кәбілдік жол нақты найзағайдан бүліну ықтимал деңгейлерінен асатыны, ал жол № 4 - басшылық талаптарды қанағаттандыратындығы көрінеді.

Бірақ екі жағдайда да, нақты және ықтимал шамаларында маңызды айырмашылықтары бар. Мұндай айырмашылықтар үлкен төзімділікті кабельдер (КМ - 1, 4) үшін ерекше байқалады.

Кәбілдік байланыс жолдар үшін жоғары келтірілген мәліметтер қолданып, зерттелетін жерде оптикалық кәбілдік байланыс жолдарынан күтілетін найзағайдан бүлінулерін бағалайық.

Талданатын аймақта оптикалық кәбілдік байланыс жолдарынан болатын найзағайдан бүлінулерді белгілеу үшін мәліметтер және нәтижелер 1.4-кестеде бар [3].

Кесте 1.4 - Оптикалық кәбідің күтілетін найзағайдан бүліну есебінің нәтижесі

Кәбілді магистраль	КМ-1				КМ-2			
	IV	111	II	I	IV	III	II	I
Кәбіл категориясы	IV	111	II	I	IV	III	II	I
Найзағай тогы амплит-сы(min), кА	20,0	55,0	80,0	105,0	20,0	55,0	80,0	105,0
Найзағай тогы амплит-сы(max), кА	55,0	80,0	105,0	155,0	55,0	80,0	105,0	155,0
Жылына кв. м-ге соққы	1,2190	1,2190	1,2190	1,22	0,61	0,61	0,61	0,61
Жылына найзағайлы	17,0	17,0	17,0	17,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Жердің бөлінген кедергісі, Ом*м	4000,0	4000,0	4000,0	4000,	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0
1/кАСоққылы токтың кумулятивті жиілік функция коэффициенті	0,0450	0,0450	0,0450	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Трасса ұзындығы, м	1000	1000	1000	100	100	100	100	1000
Шлангтің кернеуі, В	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Байланыс үзілісіне әкелетін кәбілге найзағай соққысы	25,2	10,8	4,3	0,6	15,6	6,7	2,7	0,4
Байланыс үзіліссіз шланг тесілуіне әкелетін кәбілге найзағай соққы саны	41,0	14,8	6,4	3,7	25,1	8,9	4,0	2,3
Шланг тесілуіне әкелмейтін найзағай соққы саны	19,6	61,0	75,4	81,8	12,9	37,8	46,8	50,8
Кәбілге найзағай соққыларының саны	86,2	86,2	86,2	86,2	53,5	53,5	53,5	53,5
Найзағай тогының пайда болуы (min)	0,70	0,30	0,10	0,05	0,70	0,30	0,10	0,05
Найзағай тогының пайда болуы (max)	0,3	0,10	0,05	0,08	0,30	0,10	0,05	0,08
Байланыс үзілуімен ОК зақымдануының мүмкін болар тығыздығы	7,56	1,084	0,219	0,005	4,699	0,673	0,136	0,003
Байланыс үзіліссіз шланг тесілуіне әкелетін ОК-дің зақымдануының мүмкін тығыздығы	28,90	4,31	0,64	0,18	17,9	2,6	0,4	0,1
16/17 Қатынасы	26%	25%	33	2%	26,0	25,0	34,0	2,7%

1.4-кестенің жалғасы

Кәбілді магистраль	КМ-3				КМ-4			
Кәбіл категориясы	IV	III	II	I	IV	III	II	I
Найзағай тогы амплит-сы(min), кА	20,0	55,0	80,0	105,0	20,0	55,0	80,0	105,0
Найзағай тогы амплит. (max), кА	55,0	80,0	105,0	155,0	55,0	80,0	105,0	155,0
Жылға кв. м-ге соққы тығыздығы	0,75	0,75	0,75	0,75	1,29	1,29	1,29	1,29
Жылына найзағайлы сағаттар саны	11,1	11,1	11,1	11,1	17,1	17,1	17,1	17,1
Жердің кедергісі, Ом*м	4000	4000	4000	4000	5000	5000	5000	5000
1/кА Соққылы токтың жиілік функция коэффициенті	0,04	0,045	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Трасса ұзындығы, км	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Шланг кернеуі, В	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Байланысты үзетін кәбілге найзағай соққылары саны	15,6	6,7	2,7	0,4	31,5	13,5	5,4	0,8
Байланыс үзіліссіз шланг тесілуіне әкелетін кәбілге найзағай соққылары саны	25,6	8,9	4,0	2,3	51,7	17,9	8,0	4,6
Шланг тесілуіне әкелмейтін найзағай соққылары саны	12,1	37,8	46,7	50,7	24,5	76,2	94,2	102,3
Кәбілге найзағай соққыларының жалпы саны	53,4	53,4	53,4	53,4	107,8	107,8	107,8	107,8
Найзағай тоғы пайда болу ықтималдығы (min)	0,70	0,30	0,10	0,05	0,70	0,30	0,10	0,05
Найзағай тоғы пайда болу ықтималдығы (max)	0,30	0,10	0,05	0,08	0,30	0,10	0,05	0,01
ОК-дің зақымдануының мүмкін болар тығыздығы	4,68	0,67	0,13	0,03	9,45	1,35	0,27	0,06
Шланг тесілуіне әкелетін ОК-дің зақымдануының мүмкін болар тығыздығы	17,95	2,67	0,40	0,11	36,22	5,39	0,80	0,23
16/17 Қатынасы	26%	25%	33%	2%	26%	25%	33%	2%

Үстіне шланг түрінде оқшаулау қабы салынған сырты металмен қапталған оптикалық кәбілге найзағайлы уақытта жалын шлангтен де өтуі мүмкін. Бүлінулер найзағай тоғының электрлік доғасынан және доғасыз токтың жерде таралуынан да пайда болады. Мұндай зақымданулар кәбіл жұмысының бірден бұзылуына әкелмейді, себебі тесік диаметрі аз болады. Алайда ылғалдың есебінен кәбіл уақыт өте бере бұзылуы мүмкін.

Көрсетілген шарттар тек эксплуатация процесінде ғана пайда болғандықтан, найзағайдан бүлінуді есептегенде тек байланысты бұзатын қатты соққыларды ескеретін боламыз [4].

1.5-кестеде 1 жыл бойына 100 км трассадағы кәбілге қауіпті найзағай соққыларының есептелінген (Пр), фактілік (Пф) және мүмкін болатын (Пд) найзағай тогы  $I=30$  кА, пайда болатын ықтималдығы  $P=0,5$  болған жағдайдағы сандары көрсетілген.

Кесте 1.5 - 1 жыл бойына 100 км трассадағы кәбілге қауіпті найзағай соққыларының (найзағайға тұрақтылықтан IV-ші категориялы кәбіл)

Магистраль	Пд	Пр	Пф	пф	Пф
КМ-1	0,10	4,96	0,01	0,00	0,07
КМ-2	0,10	2,80	0,13	0,04	1,31
КМ-3	0,10	2,88	0,11	0,04	1,18
КМ-4	0,10	6,20	0,00	0,00	0,04

## 1.2 Жерасты оптикалық кәбілдік байланыс жолдарының найзағайдан бүлінуі

Байланыс желілеріне де найзағай түсуінің таңдау мүмкіндігі факторлары ықпал ететін найзағайдан бүлінуге маңызды өзгерістердің әсер ететіні туралы айтылады.

Осы аймақта оптикалық байланыс жолдарының таңдау мүмкіндікті найзағайдан зақымдануын қарастырайық. Шамамен 1800-2000 м ұзындықты магистральдердің бөлінуін қолданып бүлінуді қарастырайық.

Найзағайдан бүлінудің сипаттамасын, олардың сенімділігі, түрін бағалау үшін найзағайдан зақымдану өзгерістерін сипаттайтын орта есептегі шамаларды есептейік.

Найзағайдан өзгерістерін сипаттайтын орта есептегі шамалар 1.6-шы кестеде берілген [5].

Кесте 1.6 - Найзағайдан бүліну өзгерістерін сипаттайтын орта шамалар

Кәбілді магистраль	$P$	$R$	$d$	$cr^2$	$cr$	$U_R\%$	$u_d\%$	$U_a\%$
1	4.2	21.0	3.5	22.6	4.7	499.0	84.0	113.0
2	21.1	34.0	9.3	142.1	11.9	161.0	44.0	57.0
3	17.5	24.0	8.4	84.9	9.2	137.0	48.0	52.0

Бастапқы Но болжам ретінде, әрбір аймақта к қауіпті соққыларды тексереміз.

1.7-кестеде КМ-1 де зақымдану фактілік және теориялық таралуы көрсетілген.

Кесте 1.7 - КМ-1 де зақымданудың фактілік және теориялық таралуы

Қауіпті соққы-дан бүлінген аймақтар саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-13	14	15	16	17	18	19	20
зақымданудың теориялық түрдегі таралуы (Мт)	1,0	3,0	7,0	9,0	10,0	8,0	6,0	3,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
зақымданудың факті түрінде таралуы (Мф)	15	0	13	0	0	9	0	6	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0

1.8-кестеде КМ-2 мен КМ-3 те зақымданудың фактілік және теориялық таралуы көрсетілген.

Кесте 1.8 - КМ-2 мен КМ-3 те зақымданудың фактілік және теориялық түрдегі таралуы

Қауіпті соққыдан бүлінген жерлер саны (к)	0-7	8	9-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22-23	24	25-28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Зақымданудың теориялық түрдегі таралуы (Мт)	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Зақымдану таралуы (Мф)	0	3	0	2	0,0	2	1	1,0	0	2	0,0	1,0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	



КМ-1 үшін кестелік мән, мағыналық деңгейі үшін  $p = 0.05$  және бос деңгейлер саны  $u = k-1$ ,  $xt = 15.5$ , ал есептік мәні  $* 2 = 47$ , яғни КМ-1 де зақымдану таңдау мүмкіндігін көрсетеді.

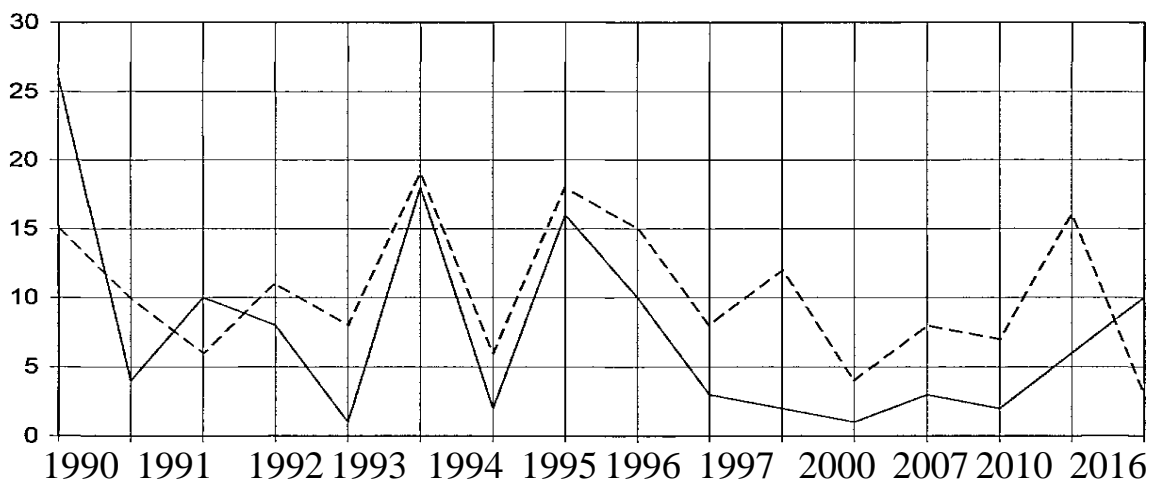
КМ-2 мен КМ-3 тің НУП аймақтарында таңдау мүмкіндікті зақымдану жоқтығы бұл жолдың елеусіз ұзындығына (15900 м және 10800 м), яғни әсер етуші факторға байланысты.

### 1.3 Оптикалық кәбілдердің сынуына найзағай ұзақтылығының әсері

Қазіргі уақытта зерттелетін ауданда оптикалық кәбілді жолдар әлі қолданысқа енген жоқ, сол себепті найзағай ұзақтылығы әсерінен оптикалық кәбілдің бүлінуін кәбілді магистральды байланыстағы найзағайдан бүліну параметрлері нәтижелерін пайдаланып анализдейміз. Найзағай ұзақтылығының әсерінен кәбілдің бүлінуіне баға беруді 2 әдіспен жүргіземіз: нақты бір территория үшін орташа найзағай ұзақтылығын жыл бойынша есептеу және трасса бойындағы кәбілді магистральдерге найзағай әсерін есептеу [6].

Кәбілге найзағай әсерінің ұзақтығынан 1 жыл бұрын қауіпті найзағай соққылар санының тәуелділігін көрсетеді. Бұл тәуелділік КМ-1 де анық көрінеді, себебі оның ұзақтылығы көп.

1.1-суретте трасса бойындағы кәбілді жолдар ұзақтылығының өзгеруіне тәуелді зақымдар таралуын көрсетеді.



P – 1 жыл бойына қауіпті найзағай соққыларының саны;

Q- жыл бойындағы найзағайлы сағаттар саны;

Сурет 1.1 - КМ-1 дегі найзағай ұзақтылығынан қауіпті найзағай соққылар санының тәуелділігі

Жоғарыда келтірілгендерден найзағай өзгерісін сипаттайтын көрсеткіштерге қарағанда бүліну деңгейлерінің көрсеткіштері әлдеқайда жоғары екендігі белгілі болды. Сондықтан «жыл бойына найзағайлы күндер саны» атты найзағай көрсеткіші берілген аймақ үшін жеткілікті емес, әрі найзағайдың барлық ерекшеліктерін көрсетпейтіндігін байқаймыз [7].

Жерасты кәбілді байланыс жолдарының бүлінуіне найзағай ұзақтылығының әсерін зерттей отырып, зерттелетін кәбілді байланыс жолына найзағай және найзағайдан бүліну арасындағы байланысқа санды анализ жасаймыз (1.9-кесте).

Кесте 1.9 - Зерттелетін магистральдерде найзағай ұзақтылығының және зақымдар өзгерісін сипаттайтын көрсеткіштер

КМ №	$U_R\%$		$u_d\%$		$u_a\%$	
	Найзағай	Бүліну	Найзағай	Бүліну	Найзағай	Бүліну
1	147,0	346,0	39,0	83,0	47,0	102,0
2	202,0	158,0	46,0	42,0	62,0	49,0
3	121,0	341,0	33,0	93,0	38,0	116,0

Р, Q шамалары арасында байланыстың 3 түрі болуы мүмкін:

- әр осы Q мәні үшін Р-ның дәл мәні сәйкестендірілген;
- әр осы Q мәні үшін өзінің кездейсоқ шама Р мәні сәйкестендірілген, Q- кездейсоқ емес шама;
- әр шама үшін келесі шама шартты таралымы бар. Q, Р- кездейсоқ шамалар.

Байланыстың бірінші типі математикалық талдаумен зерттелсе, екінші тип регрестік анализ көмегімен, ал үшінші тип корреляциондық талдаумен зерттеледі.

Корреляциялық талдау жасағанда оның ерекшеліктерін ескеру керек. Біріншіден, корреляциондық байланыс тек массалық зерттеуде байқалады. Екіншіден, корреляциондық байланыс- толық емес.

Корреляциялық талдауды найзағай және бүліну арасында байланыстың 2 түріне есептейміз [8]:

- әрбір зерттелетін жол үшін найзағай болатын күндер саны мен 1 жыл бойына қауіпті найзағай соққыларының корреляциялық коэффициенті;
- НУП-НУП аймақтар бойынша жол бойындағы байланыс жолдарының найзағайлы күндер саны, барлық кезең үшін қауіпті найзағай соққыларының саны арасындағы корреляциялық коэффициенті;

Корреляция коэффициенті мынау:

$$k_{(Q,P)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \cdot \beta_i}{n \cdot \sigma_{(Q)} \cdot \sigma_{(P)}}$$

мұндағылар

$$\alpha_i = Q_i - \bar{Q}; \quad \beta_i = P_i - \bar{P};$$

$$\sigma_{(Q)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i^2}{n}}; \quad \sigma_{(P)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \beta_i^2}{n}}.$$

мұндағы байланыстың 1-түріне: (найзағайлы күндер, 1 жыл бойына қауіпті найзағай соққылары арасындағы)

$Q_i$  -  $i$ -ші жылдағы байланыс жолы үшін найзағайлы күндер саны;

$\bar{Q}$  - 1 жыл бойындағы байланыс жолы үшін найзағайлы күндердің орташа саны.

$P_i$  -  $i$ -ші жылдағы байланыс жолына қауіпті найзағай соққыларының саны;

$\bar{P}$  - 1 жыл бойындағы байланыс жолына қауіпті найзағай соққыларының орташа саны.

Байланыстың 2-түрі үшін (НУП-НУП аймақтары бойынша найзағайлы күндер саны, қауіпті найзағай соққыларының саны арасындағы):

$b_i$  - қарастырылған кездегі НУП-НУП –тың  $i$ -шы аймақтағы найзағай күндерінің жалпы қосындысы;

$\bar{b}$  - қарастырылған кезеңдегі НУП-НУП-тың бір аймағындағы найзағай болған күндердің орташа саны.

Корреляция коэффициентінің бағасын беру үшін орташа қателікті есептейік.

1.10-кестеде бүліну мен найзағай арасындағы (А) уақыт, территория бойынша жол бойындағы байланыс жолының (Б) корреляциялық байланыс есебінің нәтижесі көрсетілген.

Аймақ бойынша найзағайдың өзгермеуі, байланыс ұзындығының аздығы үшін КМ-3 ке екінші типтің корреляция коэффициенті есептелмеді [9].

1.10-кестеден көргендей 2-түрдегі корреляциялық байланыс, яғни байланыс жолы бойындағы найзағай, бүліну ешбір жағдайда байқалмаған. Бірінші түрдегі, яғни найзағай, бүліну деңгейлерінің өзгерістері арасындағы корреляциялық байланыс тек КМ-1 үшін байқалған.

Кесте 1.10 – Бүліну және найзағай арасындағы корреляциялық байланыс есебі

КМ №	$K_{Q,P}$		$m$		$K_{Q,P} // m$	
	А	Б	А	Б	А	Б
1	0,690	-0,370	0,170	0,120	4,10	-3,10
2	0,350	0,360	0,290	0,280	1,20	1,320
3	0,260	-	0,310	-	0,840	-

Корреляциялық байланыс маңыздылығын тексеру үшін күтілетін эффектiге әсер ететiн, факторлардың нақтылығы туралы қорытынды жасайтын дисперсті талдау жасаймыз.

Барлық өзгерістің әсерінен пайда болатын  $\sigma^2$  дисперсиясы дисперстік анализде өзгерістің сандық сипаттамасы болып табылады. Жалпы дисперсия әртүрлі жағдайлар әсерінен анықталатын дисперсиялар қосындысынан тұрады [10].

Дисперсті талдауды корреляциялық талдау сияқты территорияға және сәйкес уақыт бойынша бүліну арасындағы байланысты көрсету үшін қолданады.

1.11 және 1.12-кестелерде аймаққа, сәйкес уақыт бойынша найзағай мен бүлінудегі байланысқа дисперсиялық талдау жасалған қорытынды сұлбалар көрсетілген.

Кесте 1.11 - Территория бойынша бүліну, найзағай байланыстарының дисперсиялық талдау сызбасы

Өзгеріс көзі		$Q$	$u$	$S^2$	$F$	$F_T$	7. %
КМ-1	Найзағай	86,30	8,0	10,30	3,70	2,310	42,0
	Кездейсоқ факторлар	118,40	41,0	2,90			58,0
	Жалпы	204,70	49,0				
КМ-2	Найзағай	57,10	3,0	19,0	0,70	3,180	30,0
	Кездейсоқ факторлар	134,90	5,0	27,0			70,0
	Жалпы	192,0	8,0				

Кесте 1.12 - Найзағай және уақыт бойынша бүліну байланыстарының дисперсиялық талдау сызбасы

Өзгеріс көзі		$Q$	$o$	$S^2$	$F$	$F_T$	$T/ < \%$
КМ-1	Найзағай	730,0	7,0	104,30	8,840	2,360	94,0
	Кездейсоқ факторлар	47,0	4,0	11,80			6,0
	Жалпы	777,0	11,0				
КМ-2	Найзағай	69,20	5,0	13,80	0,780	2,570	57,0
	Кездейсоқ факторлар	52,80	3,0	17,60			43,0
	Жалпы	122,0	8,0				
КМ-3	Найзағай	89,60	5,0	17,90	0,360	2,570	37,60
	Кездейсоқ факторлар	148,60	3,0	49,50			62,40
	Жалпы	238,20	8,0				

Дисперсиялық талдау жасау кезінде көлемдік Но гипотезасы (А) найзағай факторы әсер ететін эффектсіз мезеттен тұрады.

КМ-1 үшін уақыт бойынша найзағай деңгейінің бүлінуге әсері корреляциялық талдауға сәйкес келеді.

1.13-ші кестенің анализі мен зақымданған жерлерді зерттеу мынадай қорытынды береді: кәбілдер көбіне грунттардың бірден бөлінген кедергілері бар аймақтарында, жоғары өткізгіштігі бар топырақтарда зақымданады. Мысалға, балшықты аймаққа жақын орналасқан кәбілдер көбіне зақымданбайды.

Кесте 1.13 - Кәбілді жолдарда зақымдардың таралуы

Өңір сипаты		Шөптесін жер	Жазық жерлер	Балшық жер	Таулы жер
Аймақ I	Алып жатқан ауданы	62,0%	1,50%	30,0%	Жиі кездеседі
	КМ-1А	4,0 (40%)	1 (10,0%)	5 (50,0%)	0
	КМ-4А	0,0	0,0	4(100,0%)	0
	Барлығы	4 (29,0%)	1 (7,0%)	9 (64,0%)	0
	Алып жатқан ауданы	25,0%	70,0%	Жиі кездеседі	Жиі кездеседі

### 1.13-кестенің жалғасы

Аймақ 2	КМ-1 Б	15(56,0%)	9 (33,0%)	2 (7%)	1 (4%)
	КМ-2	12(17,0%)	46 (65,50%)	11 (16%)	1 (1,5%)
	КМ-3	20 (45,50%)	5(11,50%)	19(43%)	0
	КМ-4Б	2 (67,0%)	1 (33,0%)	0	0
	Басқа КМ	3 (27,0%)	4 (36,50%)	4 (36,5%)	0
	Барлығы	52 (33,0%)	65 (420%)	36 (23%)	2 (2%)

Мұндай топырақтың бөлінген кедергісі бар жерасты кәбілдерінің шоғырлану орны қозғалмалы найзағай бұлтындағы зарядтардың таралуымен түсіндіріледі.

### 1.5 Тапсырманың қойылымы

Зерттелетін аймаққа Қарағанды облысы жерлері кіреді.

Аймақта абсолюттік белгілер орта шамамен 5 м-ден 20 м-ге дейін жетеді. Орталықта көбіне шағылдар таралса, орталық ауданында құмайт және саз жиі кездеседі.

Орталық Қазақстанның күрделі физика-географиялық шарттары аз қашықтықтардың өзінде метеорологиялық өзгерісін туғызады.

Кеңістікте көпжылдық атмосфералық құбылыстардың сипаттамасын беру үлкен бірқалыпсыздық байқалады. Мысалға, балшықты жерлерде стратификация тұрақсыздығы, ауаның жерге жақын бөлігінің ылғалдануы кезінде найзағайдың ену ықтималдығы жоғары болады [11].

Қарастырылған жерде негізінен барлық найзағайдың шамамен 50% -ын құрайтын фронталды найзағай түрлері кең таралған.

Ішкімассалық найзағай түрі сирек байқалады. Жаздық найзағайлар орталықтен келетін ылғалды, жылы ауамен байланысты болуы мүмкін. Маусымда, шілдеде, тамызда барлық найзағайдың шамамен 90 % қолданылады.

Зерттеулер бойынша аймақта фронттарды тарату келесідей:

- 20000 м/сағ 51,0% жағдайларда;
- 21000-40000 м/сағ 46,0% жағдайларда;
- 41000-60000 м/сағ 3,0% жағдайларда.

Барлық бұлтты күн ішінде фронтальды бұлттылық 31 пайызды құрайды.

Аумақтағы найзағай қауіпін көрсететін көрсеткіш жерге соққан бір сағаттағы найзағай разрядының тығыздығы болып табылады. Бірақ бұл көрсеткіштерді алу үшін аспаптарды қолдана отырып, мұқият түрде бақылау

керек.

Кәбіл жолдары бар трассада болатын найзағай қызметінің негізгі орташа көрсеткіштерін қарастырайық:

- 1 жылдағы найзағай мерзімінің жалғасуы – үш ай;
- 1 жылдағы найзағайлы күн саны – тоғыз ;
- 1 жылдағы найзағай сағаттар саны – 15,50;
- найзағайлы күндердің жалғасуы – 1,70 сағат.

Метеостансадағы найзағай қызметінің деңгейін талдағанда, флуктуация көрсеткіші, жердің ортаңғы бөлігіне қарағанда жоғары болатынын көрсетті.

Мәселен, кейбір стансаларда 1 жылдағы найзағайлы вариациялық қарқынды күн саны 25,0 күн, ал орташа деңгейде – 13,3 күн.

Белгілі бір қарастырған жерде, найзағай қызметінің өзгеріс деңгейі туралы келтірілген деректер, салынатын ғимараттарды тек нақты мәліметтерге сүйене отырып жобалау керектігін білдіреді.

Найзағай әсерінен зардап шегетін ғимараттарды екі топқа бөлуге болады – шоғырланған ғимараттар (мұнаралар, үйлер және т.б ) және созылыңқы (ЛЭП, ЭЖД, кәбілді жол). Әр топтың өзінің ерекшеліктері бар [12].

Найзағай синоптикалық, физикалық шарттары бойынша ішкі массалық және фронталды болып бөлінеді. Қарастырылатын жерде фронталды найзағайлар көп болады.

Қазіргі таңда, найзағай қызметінің бағасы оның бір жылдағы найзағайлы күндері бойынша қарастырылады.

Бұл аймақтағы найзағайлы бұлттар негізінде біркелкі найзағайлы массив түрінде болмайды, біршама алыс қашықтықта орналасады, және бұл олардың өлшемдерін үлғайтуға әсер етеді. Сондықтан да найзағайлы аймақты жеке найзағайлы бұлттың қозғалысы деп қарастыруға болады. Найзағайлы бұлттың қозғалысын қарастырайық.

А нүктесінде дайындалған ғимарат орналассын. Мұндай ғимараттың найзағайдан болатын әсері найзағайлы бұлттың қай бағытқа қарай кеткеніне көрініп тұр, сол сияқты найзағайдың қызметі бір жылғы найзағай күндерімен бағалануы мүмкін.

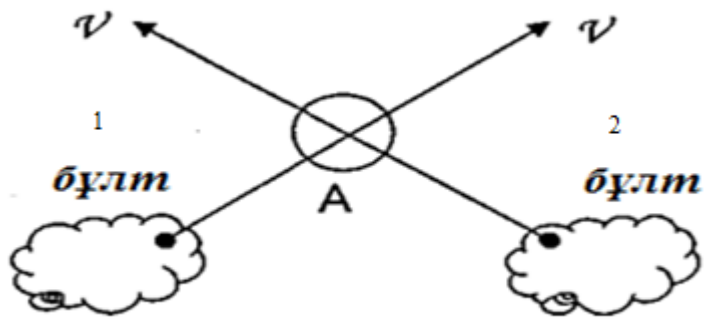
2-мысалды қарастырсақ – ұзын ғимараттың үстіндегі найзағайдың қозғалысы.

А нүктесінде орналасқан бақылаушы, бұлттардың қозғалыс бағытына найзағайды бақылай алатынын көреміз. Бірақ, бұл ғимараттарды найзағайдан қорғап қала алмауы мүмкін. Бұл жағдайда найзағайдың зияны сол аймақта бұлттың қанша тұратынына тәуелді, сол арқылы найзағай қай ғимаратқа түсетінін бағдарлауға болады.

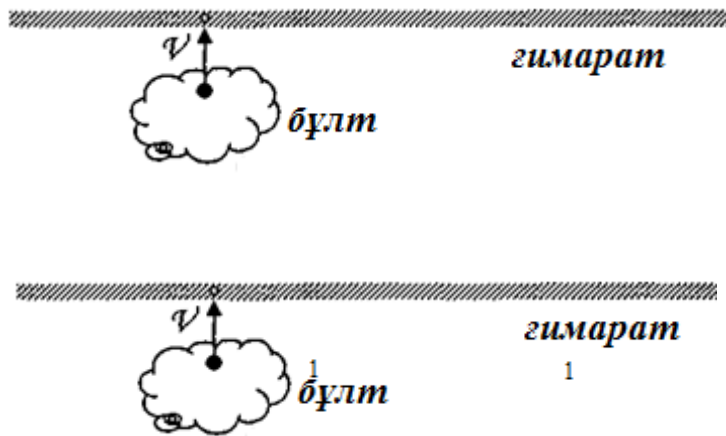
Суретте ғимараттың трассасының үстіндегі найзағайлы бұлт қозғалысы көрсетілген.

Суреттерде :

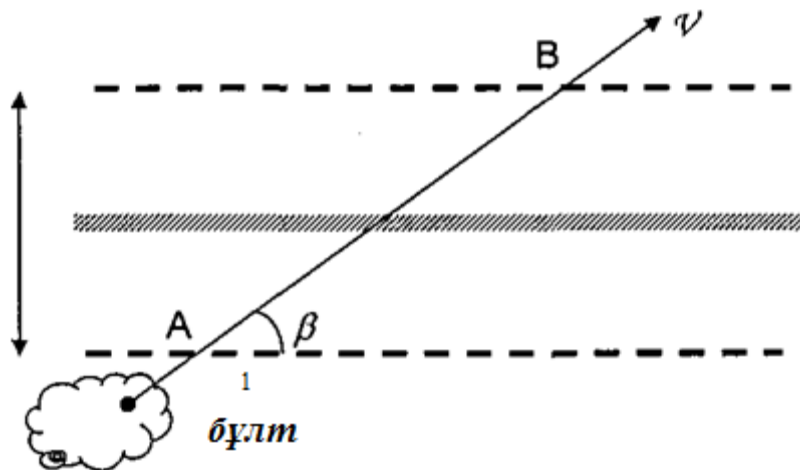
- $U_{оп}$  – аймақтың ені, кәбіл қосылған найзағай разрядтары түсуі мүмкін қауіпті аймақ;
- АВ – қашықтығы,;
- бұлт қозғалыс жылдамдығы.



Сурет 1.2 - Қарастырылатын ғимараттың үстіндегі бұлттың қозғалысы



Сурет 1.3 - Созылыңқы ғимараттың үстіндегі бұлттың қозғалысы



Сурет 1.4 - Созылыңқы ғимараттың үстіндегі жалпы жағдайдағы бұлттың қозғалысы

Қарастырылатын аймақтағы кәбілді жол байланыс жолдары найзағайдан шегетін зиянды талдағанда, оның орын ауыстыру бағытына тәуелділігін



дәлелдеді және көбінесе қауіптер байланыс жолының найзағайдың қозғалу бағытымен сәйкес болып қалуынан туындайтынын көрсетті [13].

Найзағай қызметінің күрделі және көп үрдістерден тұратынын ескерсек, найзағай бағыты өзгерісін бақылай отырып, байланыс жолдарының қаншалықты төмен болатынын теориялық түрде есептей алмаймыз. Бұл жағдайда жерасты байланыс жолдарына найзағайдың қауіптілігін, статистикалық мәліметтер, дәл сол уақыттағы кәбілдердің шеккен зиянын салыстыра отырып орындау керек.

Найзағайдың бағыты мен қозғалыс жылдамдығы орталық тропосферадағы синоптикалық карта бойынша анықталады.

Найзағайдың зияны, қызметі туралы статистикалық мәліметтер келесідей тұжырым жасауға мүмкіндік берді:

- байланыс кәбілдерінің бойында болған найзағайдың зияны барлық жағдайда 60% -ке дейін жетеді ( $P = 0$ );

- байланыс жолдарына  $30^\circ$  бұрыш бойынша найзағай түсетін болса, найзағай зияны 50% -ке дейін жетеді ( $P = 0.5$ );

- байланыс жолдарына  $60^\circ$  бұрыш бойынша перпендикуляр түрде түсетін болса, барлық жағдайда найзағай зияны 15% -ке дейін жетеді ( $P = 0.15$ ) [14].

Найзағайдың қозғалыс бағыты әсері КМ-1 жер алқабында шамамен 200 км аралығында өткізілді.

Берілгені:

$$K_0(a = 30^\circ) = 0.80$$

$$K_0(a = 60^\circ - 90^\circ) = 0,30.$$

Найзағай қауіптілігінің деңгейі үлкендігі барлық алты сектордың қосындысынан шығады. Мысалы, КМ – 1 жер алқабына НУП-НУП № 50.

$$Q_{on} = z Q_{om} = 0.20 + 0.40 + 1.40 + 3.30 + 1.20 = 6.50$$

Суретте найзағай қауіптілігінің деңгейі және 1991 жыл мен 2016 жылдар аралығында КМ – 1 үшін найзағайдың қауіпті соққысының саны көрсетілген.

Қарастырылатын аймақтағы жерасты кабельді байланыс жолдарында найзағай қауіптілігінің деңгей параметрін бағалау үшін, корреляциялық, дисперсиялық анализ жүргіземіз.

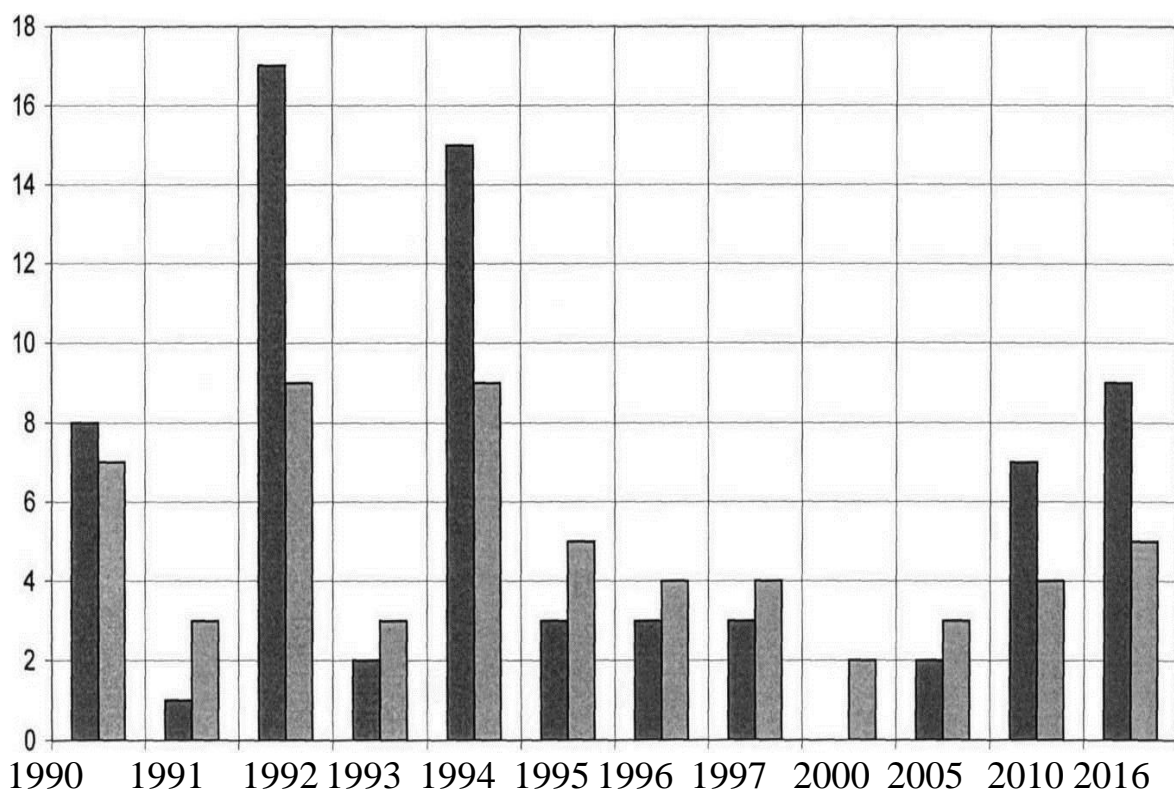
Корреляциялық, дисперсиялық талдауларды бұрынғыдай екі түрлі байланыспен жүргіземіз: найзағай қызметі, найзағай зияндылығына уақыт пен территориясы бойынша. Есептейміз:

- найзағай қауіптілік деңгейі, әр жол үшін жылдар сайынғы найзағайдың қауіпті соққысының саны аралығындағы корреляциялық коэффициенті [15];

- найзағай қауіптілік деңгейі мен қарастырылған уақыты, НУП-НУП жер алқабында байланыс жолы бойынша найзағайдың қауіпті соққысы

саны, корреляция коэффициенті.

КМ-2, КМ-3 үшін 2-типті корреляциялық, дисперсиялық талдауларды жүргізбедік, себебі олардың ұзындықтары кіші болатын.



Сурет 1.5 - КМ – 1 үшін найзағайдың қауіпті соққыларының саны, найзағай қауіптілігі деңгейінің орналасуы

P – найзағай қауіпті соққыларының саны;

Q – найзағай қауіптілік деңгейі.

Корреляциялық байланыс маңыздылығын тексеру үшін найзағай зияндылығы, найзағай деңгейінің қауіптілігі арасындағы дисперсиялық талдау жасалды, ол алынған мәліметтерді растады.

Бұл бөлімнің мәліметтері мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді: найзағай қызметінің фронталды жағдайында, күтілетін найзағай зияны, ғимараттар үшін найзағайдың қауіптілік деңгейі көрсеткіші тәуелділік коэффициентіне қарағанда сенімдірек, практикалық түрде қолдануға ұсынылған [16].

## 1.5 Аймақтағы оптикалық кәбілдерді найзағайдың зиянынан қорғаудың графикалық шешімдері

Найзағай әсерінен оптикалық байланыс кәбілдерінің шланг қабаттының

зақымдану ықтималдығына график тұрғызу үшін мына мәліметтерді білу керек:

- кәбілдің найзағай тұрақтылығы, кА;
- ОК найзағай интенсивтілігі;
- жердің қатты қабаты кедергісі, Ом;
- сыртқы қорғаныс қабаты электрлік мықтылығы, кВ.

Аймақтағы найзағай қызметінің интенсивтілігі найзағай соққысының салыстырмалы тығыздық бойынша анықталады.

Найзағай соққысына ОК тұрақтылығы (найзағай тұрақтылығы) ОК металл қабатындағы рұқсат етілген тоқпен анықталады, байланыста үзіліс болған жағдайда кәбілге зақым келмейді.

Найзағай тұрақтылық кәбілдің механикалық беріктілігіне, кәбілдің материалдарының жылулық сипаттамаларына, металл қабатының өткізгіштік қабілетіне, сыртқы қабаты, басқа да металдардың элементтеріне тәуелді.

Оптикалық кәбіл төрт категориядан тұрады: 1-түріне найзағайдың тогы 105 кА, одан үлкен, 80 кА, одан үлкен, бірақ 105 кА кіші - II категорияға, 55 кА, одан үлкен, бірақ 80 кА кіші – 3-категорияға, 55 кА кіші болса – 4-категорияға жатады [17].

Найзағайдың ең қауіпті соққы болса, оптикалық кәбіл байланысына зақым келеді.

Найзағайдың разряды әсерінен оптикалық байланыс кәбілдерінің шлангты қабаттарының зақымдануына график тұрғызу үшін мына формула қолданылады:

$$N = n \times P(I = I_{\text{вых}}) \quad (1.17)$$

мұндағы  $n$  – бір жылдағы байланыс кәбілдерінде үзіліс туғызатын найзағай соққысының жалпы саны;

$P(I = I_{\text{вых}})$  – кабельдердің найзағай тұрақтылық категориясы бойынша найзағайдың ең үлкен токтарының ықтималдылығы.

Бір жылдағы найзағай соққысының жалпы саны амплитуда мен потенциалдарымен анықталады, амплитудасы тең немесе үлкен, ал потенциалдары ОК үшін үлкен  $U_m$  және ол былай анықталады:

$$n_1 = \frac{q \times \rho \times e^{-b \times l_M} \times l}{\pi \times U_m} \times \left( I_M + \frac{1}{b} \right)$$

мұндағы  $q = 0.04 \times \Pi$  – бір жылдағы 1 км<sup>2</sup> соққылардың тығыздығы;

$\Pi$  – бір жылдағы найзағай болатын сағаттардың саны;

$\rho$  – жер салыстырмалы қарсыласуы, Ом\*м;

$U_m$  – шланг кернеуі, кВ;

$b$  – жиілікті тоқ соққысының кумулятивті функциясының коэффициенті, 1/кА,  $b = 4,5 \times 10^{-2}$ ;

$I_M$  - найзағай тогының амплитудасы, кА;

$l$  - трасса ұзындығы, км.

## 2 Жердің үлестік кедергісі

Үлестік өткізгіштігі (а) және жердің диэлектрлік өткізгіштік (б) электромагниттік өрістің кабельге әсеріне талдау жасауда жердің жалпы сипаттамалары ішінде ең керекті параметрлер болып табылады. Әдетте жердің үлестік шамамен өткізгіштігі  $10^3 - 10^4$  См/м. Ең көп кездесетіні үлестік өткізгіштігі  $10^2$  См/м. Жердің диэлектрлік өтімділігі әдетте 5-15-ке дейінгі аралықта болады. Көбінесе 10-ға тең диэлектрлік өтімділік жиі кездеседі, ол жоғары жиіліктерде тұрақты.

$$n_1 = \frac{q \times \rho \times e^{-bx} \times l}{\pi \times U_m} \times \left( I_m + \frac{1}{b} \right) \quad (2.1)$$

$$f = \frac{\sigma}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \quad (2.2)$$

Оптикалық кәбілдің найзағай әсерінен болған зақымдануының ықтималдық тығыздығын есептеу керек. Жердің 1590 Гц өткізгішдігін анықтау керек. Бұл жер асты оптикалық кабельге әсер етуші энергияның негізгі бөлігі болатын найзағай тогының импульс жиілігі [18].

$$t_0 = \frac{2 \cdot h \cdot \sin \varphi}{c} \quad (2.3)$$

Құрамында темірдің үлкен мөлшері бар кен шоғырында магниттік өтімділігі 1-ден көп болуы мүмкін, бірақ көп жағдайда 1-ге жақын.

### 2.1 Жер өткізгіштігі. Жердің диэлектрлік өтімділігі

Диэлектрлік өтімділікке әсер етуші негізгі құраушы элементтер ұнтаққа айналған тастар, су болғандықтан, диэлектрлік өтімділігі диапазоны жердің өтімділік диапазонына қарағанда аз болады. Жиілік өзгергенде өзгерістер байқалғанымен, диэлектрлік өтімділігі жиілікке тәуелді емес. Жер мұздаған кезде диэлектрлік өтімділік үлестік өткізгіштік сияқты төмендейді.

Жер магниттік өтімділігі.

Магнитті минералдың көптеген түрлері жердің магниттік өтімділігіне әсер ететін концентрацияға ие болады. Магнитты материалдарға магнетит, және гематит, ильменит, пиротин, т.б. Бірақ ең маңыздысы магнетит болып табылады. Себебі ол жоғары магниттік өтімділікке ие және тауоғатта жиі кездеседі. Құрамында шамамен 20% магнетит мөлшері болса жердің магниттік өтімділігі 1,6 кем болады. Сол үшін магниттік өтімділігі әдетте 1-ге жақын болады, тек темір кені құрамы бар аймақты санамағанда [19].

## 2.2 Жердегі найзағай тоғының таралуы

Есептеулер бойынша найзағайдың қауіпті соққыларының күтілген мөлшері найзағай тоғының жерде таралуының кабельге әсері кезінде екі мүмкін болатынын ескеруге болады: жердегі найзағай соққан нүктеден бастап кабельге дейін электр доғаның пайда болуы және доғаның пайда болуынсыз ток ағыны пайда болуы.

Доға пайда болуы.

Найзағай соққан нүктеден кәбілге дейінгі доғамен жабылатын арақашықтықты есептеу мына мүмкіндіктермен жүргізіледі [20]:

- найзағайдың негізгі разряд кезеңі ескеріледі;
- найзағай тоғы осы жер бетінде орналасқан нүктелік көзі арқылы жерге қабылданады;
- жарқыл аймағы симметриялы, идеалды өткізгіш болады, ал электрлік өріс кернеулігі, шекарасында бірыңғай өрістегі жердің кернеулігіне тең;
- жарқыл аймағынан тыс бірыңғай емес.

Кәбілді төсеудің тереңдігін реалды диапазонда өзгерту (0,8 \* 1,5 м) найзағай зақымына еш әсері жоқ екендігін анализдер көрсетті. Жарқылдаған аймақ үшін жартылай сфера түріндегі МСЭ-Т келесі мәндерді ұсынады:

$$r_0 = \sqrt{I_M \cdot \rho_3} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot E_0}} \quad (2.4)$$

г2, г'2 анықтамасы бойынша барлық шешімдерде 1М шамасы кА, р3-Ом-м, г2 және г2-м ұсынылады. р3 зерттеу аймағында 1000 Ом-м асатынын ескеріп г2 және г2 найзағай бірдей тоғында салыстырамыз. Осылайша, жарқыл аймағының жартылай сфера түрінен жазықтық түріне ауысу кабель айналасындағы қауіпті аймақ 1,7 есе күшеюіне әкеледі, ал найзағай тоғының кәбілге тию ықтималдығы қауіпті жерге бағытталуы кезінде (г2=г2=г) тең болады [21].

$$r_0 = \sqrt{I_M \rho_3} \cdot \frac{1}{2\sqrt{E_0}} \quad (2.5)$$

Қауіпті найзағай түсу жағдайының 65-70%-да доға разрядтарының іздері табылған.

Оптикалық кәбілдің найзағай әсерінен зақымдануының тығыздығының өлшемін анықтау мүмкін. Егер кәбілді төселген аймақтың өткізгіштік мәнін берсек, онда жер астындағы оптикалық кәбілге әсер етуші найзағай тоғының импульстың негізгі бөлігі 1590 Гц жиілік екенін атап өттік. Өлшеу нәтижелерін қолдана отырып, осы радио жиіліктерде және 50 Гц жиілікте жердің 1590 Гц жиілік үшін жердің өткізгіштігін анықтаймыз.

$$f_{11} = 50 \text{ Гц},$$

$$f_{21} = 300 \text{ кГц},$$

$R_H$  – 50 Гц жиілікте жердің үлестік кедергісі, (Ом\*м);  
 $R_{21}$ -300 кГц жиілікте жердің үлестік кедергісі, (Ом\*м);

Бірінші бөлімдегі статистиканы қолданып

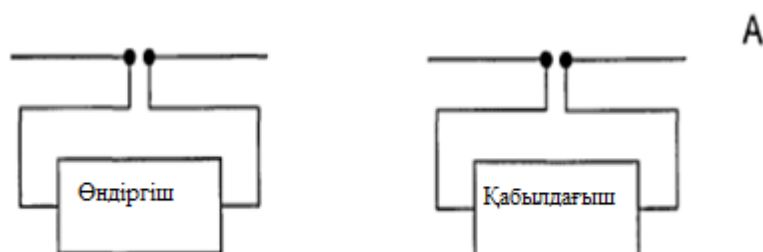
$$n_1 = P_1 \cdot \sqrt{\rho_1}$$

мұндағы  $n$  – бір жыл ішіндегі найзағайдың соғулары, 100 км;  
 $R_x$ -бір жыл ішіндегі қауіпті соққыларының саны;  
 $\rho_x$ - орташа үлестік кедергісі.

### 2.3 Зерттелген аймақта жер өткізгіштігін өлшеу

Өлшеу барысында қолданылатын өткізгіштігінің өлшеулері электромагниттік өрісті тудыруға, оның электрлік компоненттері көмегімен қоректендіруші, әрқайсысының сымдары соңында жерсіндірілген, диэлектрик-оқшаулағышпен қапталған қабылдағыш жолдар – антенналарға негізделген. Антеннадағы айнымалы токта жерсіндірулерінің біреуі немесе екеуі алынып тасталуы мүмкін. Радиотехникада антенналарды сызықты тұйық немесе сыйымдылықты антенналар деп атайды.

Сыйымдылықты антеннаны қолдану үлестік кедергісі 102-103 Гц жиілік ауқымында өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл антенна түрлері 2.1 – суретте көрсетілді [22].



Сурет 2.1 - А типті антенналарда осьтік өлшеулерді орнату

А түрлі антенна – антенна клеммаларына қатысты симметриялы орналасқан. 2 жер үстінде орналасатын сыйымдылықты шлейфтен тұрады. Ол

жерге қосу құрылғыларын орнату мүмкін емес жағдайларда жұмыс істеу үшін арналған.

Антенна түрлерін пайдаланып, осі бойынша орналастырып өлшеулерді жүргіземіз.

Суретте А түрлі антенналарда ось өлшеулерді орнату көрсетілген. Бірінші антеннаға ток көзі жалғанған, екіншісіне – қабылдағыш, оған потенциалдар өлшегіш қосылған. Айнымалы токтағы электрлік үлестік кедергіні мына формуламен табамыз (2.3-сурет):

$$\rho_k = k \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

мұндағы  $k$  – геометриясына қатысты болатын коэффициенті;

$\Delta V$  – қабылдағыш антенналар клеммасы потенциал айырмашылығы;

$I$  – таратушы антенна қорек нүктелеріндегі ток.

$$|\rho_k| = k \cdot \left| \frac{\Delta V}{I} \right|$$

Қабылдағыш күшейткіш коэффициентіне ал ток өндіруші – токты тұрақтандыру болғандықтан, қабылдағышта орналасқан индикатор шкаласы арқылы жер үлестік кедергісі өлшенеді.

Жоғары өткізгішті орнату көмегімен 102-ден 106 Гц жиілік үшін жердің үлестік кедергісі 10-16 Ом\*м диапазонында өлшеуге болады. Тәжірибелік өлшеулер Орталық аймақта, КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4 кәбілдік жолдар орналасқан жерде жүргізілді.

### 3 Найзағай разрядтарының металлы бар оптикалық кәбілдерге әсер етуін анықтау

Найзағай разрядтарының байланыс кәбілдік жолдарға әсерінің заманауи теориясы мынадай шамаларды бағалауға негізделеді:

- найзағай деңгейі;
- найзағай токтарының таралу аралықтары;
- кабельдің найзағай болған жерінде пайда болатын, «металл қабық-броня» сияқты тізбегіндегі кернеу.

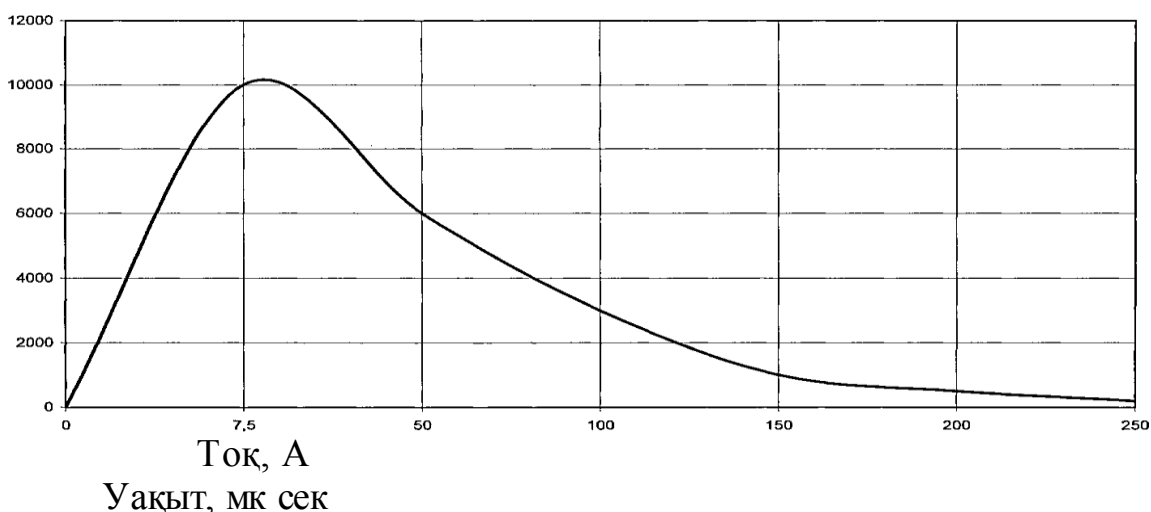
Оптикалық кәбілге найзағай тоғы тигенде пластмасса қабық зақымдануын анықтау. Найзағай разряды егер кәбілде металл элемент болса онда жерге төселген оптикалық кәбілге тие отырып, пластмасса қабықшаны зақымдайды. Найзағай тоғының зақымдауына байланысты Байланыстың үзілуімен, байланыстың үзілуінсіз (пластмасса қабықтың күйі). Зақымданған пластмассаға найзағай тоғының аз ғана мөлшері тисе байланыстың үзілуі мүмкін. Сондықтан пластмасса қабықшаның зақымдануын зерттеу найзағай тоғының мәнін зерттеуге мүмкіндік береді [23].

Найзағай тоғы тигенде, кернеу диапазонын анықтау. Зерттеулерді жер астына төселген, металл элементі бар кәбіл үшін жүргіземіз. Қазіргі кезде қолданылып жүрген, негізгі оптикалық кәбіл ОКЛАК – 01 – 0,3/2,0 – 8/4. Бұл кабель жолдық, ішкіаймақтық желілерде қолданылады, келесі сипаттамаларға ие:

- оптикалық-талшықтар саны – 8 дана;
- дистанциялық қоректік мыс сымдарының (диаметрі 1,2мм) саны – 4 дана;
- өшулік коэффициенті –  $0,3 \cdot 10^3$  дБ/км;
- дисперсия (импульстың бұзылуы) –  $2,0 \cdot 10^{-9}$  м;
- металл қабығында найзағай тоғы – кА;
- сыртқы диаметрі  $0,248 \pm 0,025$  м;
- есептік масса 1000 м – 1382,0 кг;
- сыртынан полиэтилен шлангпен қапталған алюминий қабықша, полиэтиленмен жабылған дөңгелек сымдардан жасалған броня.

Найзағай тоғы оң, теріс бағытта металл элемент бойымен ағады. Бұл тербелістер өсуі – микросекундтар ретімен, өшулік уақытымен – ондаған микросекундтар ретімен сипатталады. Тербеліс – өсу, өшу уақытымен сипатталатын импульс. Егер тербеліс үлкен импульсқа ие болса, ол қорғаныс қабықшасымен таралғандықтан, оқшаулану зақымдалуы байқалады. Найзағай тоғының көп бөлігі осы жерлерден ағып кетеді. Іс жүзінде кабельдің қорғаныс қабығы электрлік қатынаста болады. Тербеліс таралуының кейбір жерінде зақымдану жоқ, тоқ амплитудасы төмен болуы мүмкін. Ол кезде импульс полиэтиленмен қапталған қабықшамен оқшауланған металл қабық арқылы ағады [24].





Сурет 3.1 - Найзағай тоғының импульсі

### 3.1 Найзағай разрядтарынан оптикалық кәбілдерді қорғау

Жерасты оптикалық-талшықты кәбілдердің зақымдануының деңгейін дұрыс бағалай білу, қауіпті найзағай түсу кезінде қорғаудың дұрыс әдістерін таңдай білу болып табылады. Найзағайдан зақымдануын бағалау, одан қорғау шараларын таңдау тәжірибесі көрсеткендей жеткіліксіз болады.

МСЭ-Т нұсқауларына сәйкес жерасты кәбілдерін қорғаудың негізгі шаралары – арнайы байланыс кәбілдерін қолдану, жерсіндіретін құрылғыларды қолдану, сымның тұрақтылығын өсіру, белдік оқшаулағыш және жерге қатысты қабықша, найзағайдан қорғағыш тростар қолдану [25].

### 3.2 Оптикалық кәбілдерді найзағайдан зақымдау тығыздықтарын бағалау

Оптикалық кәбілдердің зақымдалу тығыздығының ықтималдығын анықтау үшін мына мәліметтерді білу керек:

- кәбілдің тұрақтылығы, кА;
- оптикалық кәбіл төселген аймақтағы найзағай әрекетінің интенсивтілігі;
- жердің үлестік кедергісі, Ом-м;
- сыртқы қабатының электр оқшаулағышының беріктігі,кВ;

Оптикалық кәбілдердің басқа маркаларының найзағай тоғы рұқсат мәндері 3.1-кестеде келтірілген.

Кесте 3.1 - Оптикалық кәбілдердің басқа маркаларының найзағай тоғының рұқсат етілген мәндері

Кәбіл маркасы	Кәбілдің арналуы	Максималды рұқсат етілген ток, кА	Найзағайға тұрақтылық коэффициенті
ОК			
оклк-оз	магистралды ішкі зоналық	90,0	II
ОКЛБ-01	магистралды ішкі зоналық	30,0	IV
ОКЛАК-01	магистралды ішкі зоналық	105,0	I
ОМЗКГ-Ю-3	магистралды ішкі зоналық	90,0	II

*3.1-кестенің жалғасы*

ОЗКГ-1	ішкі зоналық	90,0	II
ОКЗК-1	ішкі зоналық	40,0	IV
ОКЗО-1	ішкі зоналық	-	IV
ОКЗМК-1	ішкі зоналық	105,0	I
ОК			
ОКЛБ-01	магистралды ішкі зоналық	20,0	IV
ОКДАК-01	магистралды ішкі зоналық	105,0	I
ОКЗК-1	ішкі зоналық	30,0	IV
ОКЗБ-1	ішкі зоналық	30,0	IV
ОКЗО-1	ішкі зоналық	-	IV
ОКЗМК-1	ішкі зоналық	105,0	I
ОЗКГ-1	ішкі зоналық	-	IV

Ал 105 кА найзағай тоғына шыдайтын оптикалық кәбілдер ол бірінші категорияға жатады, ал 80 кА жоғары бірақ 105 кА артық емес – екінші категория, осы 55 кА жоғары бірақ 80 кА көп емес болса үшінші категория, ал егер 55 кА төмен найзағай тоғына шыдамдылық танытатын болса 4-категорияға жатады [26].

Оптикалық кәбілдің шланг жабынының байланыстың үзілуі, зақымдалу ықтималдығын К-25 МСЭ-Е нұсқамасын «оптикалық-талшықты кәбілдерді найзағайдан қорғау», зерттеу нәтижелерін қолданып анықтауға болады.

Оптикалық кәбілдің бір жыл ішіндегі зақымдалу ықтималдығы төмендегі формуламен анықталады:

$$N_p = N_{1d} \cdot N_d \cdot P(\geq I_a) \quad (3.1)$$

мұндағы  $K_{1d}$  – зақымдалуды түзетуші коэффициент (есептеу кезінде 3-ке деп алынды);

$P$  – найзағай тоғы амплитудасы 1-ге тең немесе одан көп шамаға ие ықтималдығы. Төмендегі теңдікпен анықталады.

$$P_i = 10^{-2} \times e^{(a+b-1)i} \geq 0 \text{ үшін}$$

мұндағы  $a = 4,605$ ,  $b = 0,0117 < 20 \text{ кА үшін}$ ,

$a = 5,063$ ,  $b = 0,0346 \text{ } I > 20 \text{ кА үшін}$ ;

$I_a$  – найзағай тоғы амплитудасының ең кіші өлшеміне сәйкес зақымдау тоғы. Ол кабельге тікелей доға, біріншілік зақымдалуды тудырушы.

$$N_d = \frac{N_g \cdot K_e \cdot 2 \cdot D \cdot L}{1000} \quad (3.2)$$

$$N_d = 8100$$

мұндағы  $N_g$  – найзағайдың  $\text{км}^2$  тығыздығы.

Егер  $N_g$  өлшемі белгісіз болса, онда оны орташа найзағайдың созылуы, уақыт бірлігі ішіндегі найзағайдың саны мына формуладан табуға болады:

$$N_g = 0.04 \cdot T_d^{1.25} \quad (3.3)$$

мұндағы  $T_d$  – климаттық нормалар немесе байланыс линиясы бойындағы метеостанса мәліметтері бойынша жасалатын орташа жылдық ұзақтығы;

$K_e$  – кәбілдік жол өтетін аймақ параметрлеріне негізделіп анықталатын қоршаған орта коэффициенті;

Биік ғимараты бар аймақ (6 қабаттан биік) –  $K_e = 0,01$ ;

Орташа биік ғимараттары бар аймақ (3-тен 6 қабатқа дейін) –  $K_e = 0,1$ ;

Аз қабатты қала маңы құрылысты аймақтар (бір немесе екі қабат) –  $K_e = 0,5$ ;

Ғимаратсыз ауылдық мекен (жазық елдімекен) –  $K_e = 1$ ,

Ғимаратсыз ауылдық мекен (қырдың басы) –  $K_e = 2$ .

$L$  – жолұзындығы, км,

$D$  – келесі мына қатынастармен анықталатын разрядтық аралық, [м]:

$$D = 0.482 \cdot \rho^{1/2}, \text{ [м]}, \rho < 100,0 \text{ Ом-м үшін} \quad (3.4)$$

$$D = 0.283 \cdot \rho^{1/2}, [\text{м}], \rho > 1000,0 \text{ Ом-м үшін} \quad (3.5)$$

$$D = 0.191 \cdot \rho^{1/2} + 2.91, [\text{м}], 100 \ll 1000,0 \text{ Ом-м үшін} \quad (3.6)$$

мұндағы  $\rho$  – жердің үлестік кедергісі.

3.2-кестеде ОК қауіпті найзағайдың рұқсат етілген мәндерінің ықтималдығы көрсетілген.

Кесте 3.2 - 1 жыл ішіндегі оптикалық кабелдердің зақымдану рұқсат етілген ықтималдығы

Кәбілдің арналуы	Бір жыл ішіндегі 100000 м трассадағы қауіпті найзағайлар саны	
	Таулы аудандарда, үлестік кедергі 500 Ом-м жоғары болған	Қалған аудандарда
Үлкен жол желісі ОК	0,10	0,20
Ішкі аймақтық желісі ОК	0,30	0,50

Ол экспресс талдауларды пайдаланып есептеу әдісін жасауға мүмкіндік береді. Бір жыл ішіндегі осы оптикалық кабельдің күтілетін зақымдалу саны төмендегі теңдеу арқылы анықталады [27]:

$$N_p = N_d \cdot K_{risk} \cdot K_d \quad (3.7)$$

мұндағы  $N_d$  – найзағай 1-ден 250 кА дейін кәбілдің эквивалентті аймағына түсуінің жылдық жалпы ықтимал саны;

$K_{risk}$  – кәбілдің найзағай әсерінен зақымдануының, риск коэффициенті. Кәбілдің біріншілік зақымдануының  $N_p$  қорғаныссыз кәбіл құрылымына қатысты төмендеуін сипаттайды;

$1_p$  – 1-лік ақымдануды болдырмайтын кәбілдің металлдың ең үлкен рұқсат етілген найзағай тоғы;

$K_d$  – бағыттау коэффициенті, ОК биік ғимаратпен жақындау ені 2 - R<sub>омах</sub> кезінде ескеріледі;

R<sub>омах</sub> – пайда болу ықтималдығы 0 ге жақын ең үлкен найзағай тоғынан жарқыл аймағының радиусы;

Байланыс кәбілдеріне тиетін найзағай соққылары мына теңдеумен есептеледі:

$$N_d = \frac{2 \cdot r_{p0} \cdot N_g \cdot L}{1000} \quad (3.8)$$

Жерге уақыт бірлігіндегі найзағайдың түсуі:

$$N_g = C - T, \quad (3.9)$$

формуласы арқылы анықталады.

мұндағы  $C = 0,043$  – зерттеліп отырған жерге бір сағат аралығында 1-2 км жер бетіндегі найзағайдың орташа жылдық түсуі;

$T$  – климаттық норма арқылы, метеостанса мәліметі бойынша анықталатын найзағайдың орташа ұзақтығы.

Жарқыл аймағының радиусы қорғаныссыз кәбілді біріншілік зақымдауды тудырушы найзағай тоғынан шыға отырып анықталады.

$$r_{po} = \sqrt{\frac{I_b \times p}{2 \times \pi \times E_0}} \quad (3.10)$$

мұндағы  $p$  – кәбіл жолы бойынша жердің үлестік кедергісі, Ом-м;

$I_b = 20,66$  – найзағайдың эквивалентті тоғы, кА.

$E_0$  – электр өрісінің кернеуі, кВ/м.  $E_0$  мәні 250 кВ/м жердің үлестік кедергісі кезінде 100 Ом-м, 500 кВ/м арасында өзгеріп отырады.

Оптикалық кәбілдің нақты қай аудандарда қолданылатынын 3.3-суреттен көруге болады. Суретте  $N_{рот}$  біріншілік зақымданудың ықтимал мәнінің  $K_{risk}$  коэффициентіне әр түрлі үлестік кедергі және  $T_0 = 30$  сағ кезіндегі қатынасы көрсетілген. Найзағай интенсивтілік мәндерінде  $T$ , біріншілік зақымданулар былай есептеледі [28]:

$$N'_p = N_p \cdot \frac{T}{T_n} \quad (3.11)$$

Металлы бар оптикалық кабельдер найзағайға тұрақтылық категориясы бойынша 3.3-кестедегідей жіктеледі.

Кесте 3.3 – Оптикалық кәбіл жіктелуі

Кәбіл категориясы	IP, кА	Krisk, %
I	> 105,0	0...5,0
II	80...105,0	5...11,0
III	55...80,0	11...25,0
IV	<55,0	25...100,0

Бағыттау коэффициенті кабель зақымдалуының ықтимал мәнінің кабель трассасы маңындағы биік мекемелер, трассадан онша алыс емес арақашықтықты ескереді:

$$y < K_c \cdot h + r_{0,M} \quad (3.12)$$

мұндағы  $y$  – кабель-объект арасындағы арақашықтығы, м;

$h$  – объект биіктігі, м;

$K_c$  – мекеменің найзағай тоғын өзіне тарту коэффициенті ( $A > 6$  м) әуе байланыс жолдары үшін және электртратулиниялары үшін 1,2, орман шеті  $K_c=1,5$ .

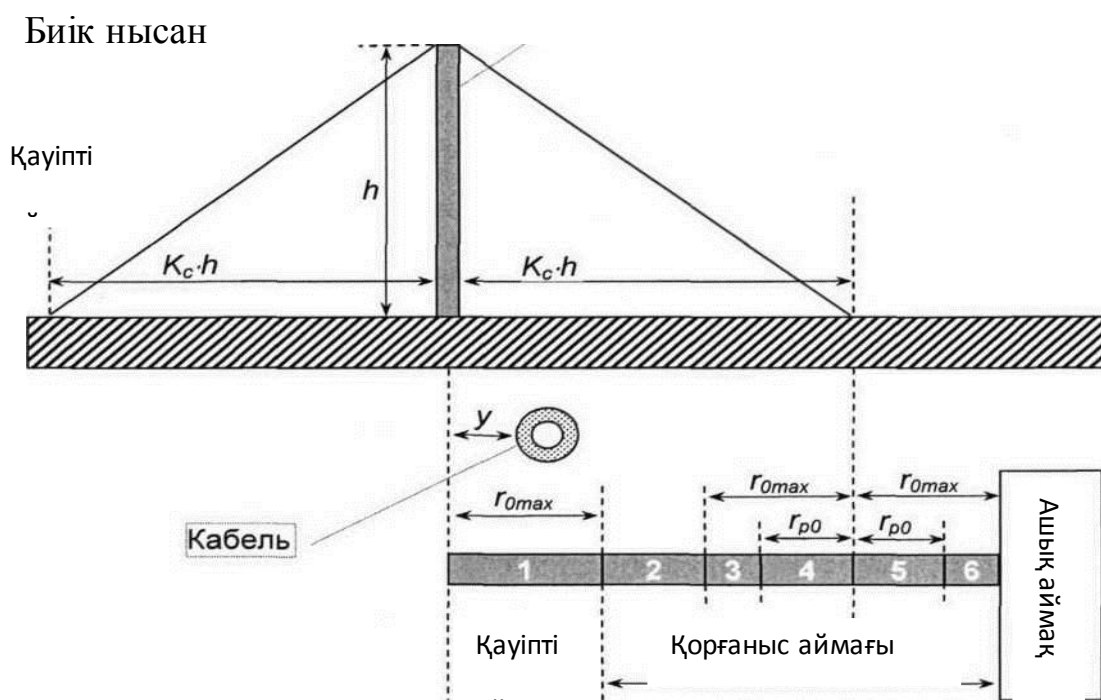
$$r_0 = \sqrt{\frac{I_{max} \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot E_0}}, M \quad (3.13)$$

Найзағайдан зақымдалуды азайту үшін оптикалық кәбілді биік объектiнiң қорғаныс аймағында төсемелеу керек ( $K_d < 1$ ).

$$y_{opt} = r_{0max} + 2 \text{ метр}$$

мұндағы 2 метр – шығыс мәліметтердегі қателіктерді анықтаудағы сақтандырушы арақашықтығы.

3.2-суретте  $r_{0max} < K_c \cdot h / 2$  шарты кезіндегі биік объектіге қатысты қауіпті аймақта кәбіл орналасуы мысалы суреттелген. Жалпы жағдайда кәбіл орналасқан жеріне байланысты биік объектiнiң әсерін ескеруге тиіс 6 есептік аймақ болуы мүмкін. 3.3-суретте бағыттаушы коэффициент кәбілді төсеген жерге қатысты тәуелділігі көрсетілген.



Сурет 3.2 -  $K_d$  есептік аймағы

Ұсынылып отырған әдіс жерасты оптикалық кәбілдік жолдарының найзағай әсерінен 1-лік зақымдалу тығыздығы анықталады, сонымен қатар экспресс талдау көмегімен төселу шарттарына байланысты найзағайға тұрақты кәбіл таңдалады.



Сурет 3.3 – Кәбіл мен биік объектінің қашықтығынан  $K_d$  тәуелділігі

### 3.3 Найзағай тоқтарын ұстап қалу әдістері

Найзағай тоқтарын алу бірнеше әдіс арқылы жүзеге асырылады:

а) жерасты кәбілін металл трубаға салу. Бұл әдіс - экономикалық шығындарға әкеледі;

б) әуе жолы көмегімен ұстап қалу.  $h$  биікте ілініп тұрған әуе жолдары ені (3×5) аудандағы найзағай соққыларын жинай алады. Ол үшін әуе жолы көмегімен жерге қосқыштармен жабдықталуы тиіс. Жерсіндірудің жетіспеуі немесе кедергісі көп болса кәбелдің зақымдалуы арта түседі. Аталған әдіс жердің үлестік кедергісі бар жерлерге қолдануға қиындық тудырады;

в) жер астындағы сымдары арқылы ұстап қалу. Қазіргі кезде қолданылып жүрген трос қорғаныстың эффективті есептеу уақыты трос та кабель де найзағайдың жоғары жарқылдау аймағына түсіп қалатын кездері де болатыны болжайды. Бұл кезде тросан, кабельден шығатын доға қайдан болатынын анықтау, кәбіл динамикалық және жылулық біріншілік әсерлерден қорғалатындығын білу маңызды. Шешім қабылдау кезінде бұл ерекшеліктерді ескермеу трос қорғанысының тиімді есептелуі көп жағдайда расталмайды. Бұдан шығатын қорытынды - жерасты сымдарын екі аймақта бағалау керек. Жақын – трос, кәбіл жарқыл аймағында бір потенциалда

болғанда, алыс – трос эффектісі оның тоқты алып қалу қабілетіне байланысты анықталады.

3.6-суретте биік жер шартына қатысты қауіпті аймақта орналасқан кәбілге мысал келтіреміз. Кәбілдің тұрған орны биік объектке қарағанда тәуелділікте, әртүрлі 6 есептік аймақтар мүмкін болатын, объектінің әсерін ескеру керек. 4.3-суретте келтірілген теңдеуі:

Қауіпті аймақ:

1-аймақ. Кәбілдің аймақта орналасу шарты:

$$y \leq r_{0\max}$$

$$K_d := \frac{K_c \cdot h \cdot e^{-0.0381\rho}}{r_{p0} \cdot K_{\text{risk}}}$$

Қорғалатын аймақтар:

2-аймақ. Аймақтағы кәбіл орналасу жағдайы:

$$r_{0\max} \leq y \leq K_c \cdot h - r_{0\max}$$

$$K_d := 0$$

3-аймақ. Осы аймақтағы кәбіл орналасу жағдайы:

$$K_c \cdot h - r_{0\max} \leq y \leq K_c \cdot h - r_{p0}$$

$$K_d := \frac{e^{-0.131\sqrt{\rho}} \cdot e^{-0.0381\rho}}{2 \cdot K_{\text{risk}}}$$

(3.14)

$$\text{мұнда } I := \frac{2 \cdot \pi \cdot E_0 \cdot (K_c \cdot h - y)^2}{\rho}$$

(3.15)

4-аймақ. Аймақтағы кабель орналасу жағдайы:

$$K_c \cdot h - r_{p0} \leq y \leq K_c \cdot h$$

$$K_d := \frac{(r_{p0} \cdot e^{-0.131\sqrt{\rho}} + K_c \cdot h - y) \cdot e^{-0.0381\rho}}{2 \cdot r_{p0} \cdot K_{\text{risk}}}$$

(3.16)

мұнда (3.16) формуласы бойынша анықталады.

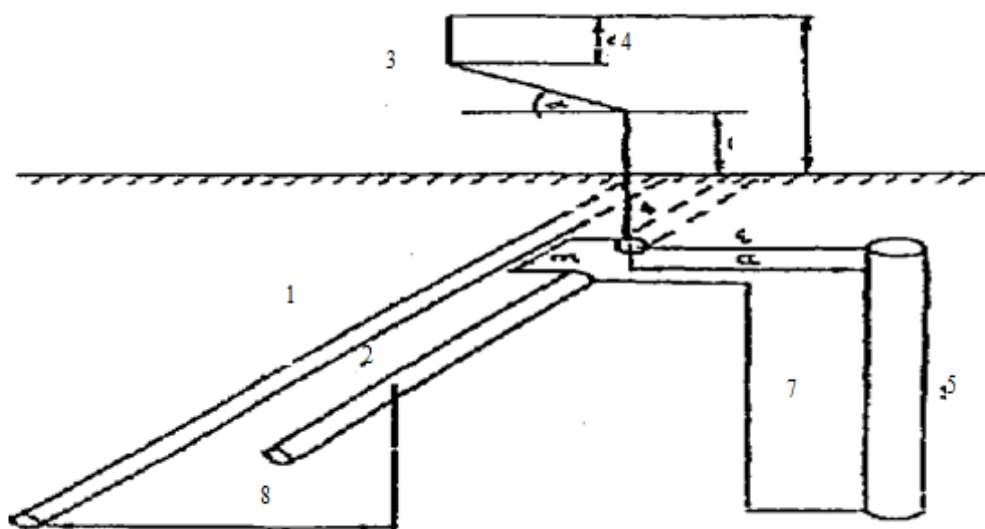
3.7-суретте аймақта кәбіл төсемі орнынан белгілеу коэффициенті тәуелділігі көрсетілген.

Тростық қорғанысты ұстап қалу, қауіпті найзағай токтарын азайту үшін қолданайық. Ол үшін аймақты 2 бөлікке бөлеміз. 1-і бөлігінде, жарқыл аймағын тудырамыз, қорғалатын кәбіл, тросс найзағай кезінде бір потенциалда болады, тоқ олардың кіріс кедергілеріне таралады. Қаралып отырған құрылғы сұлбасы 3.6-суретте көрсетілген.

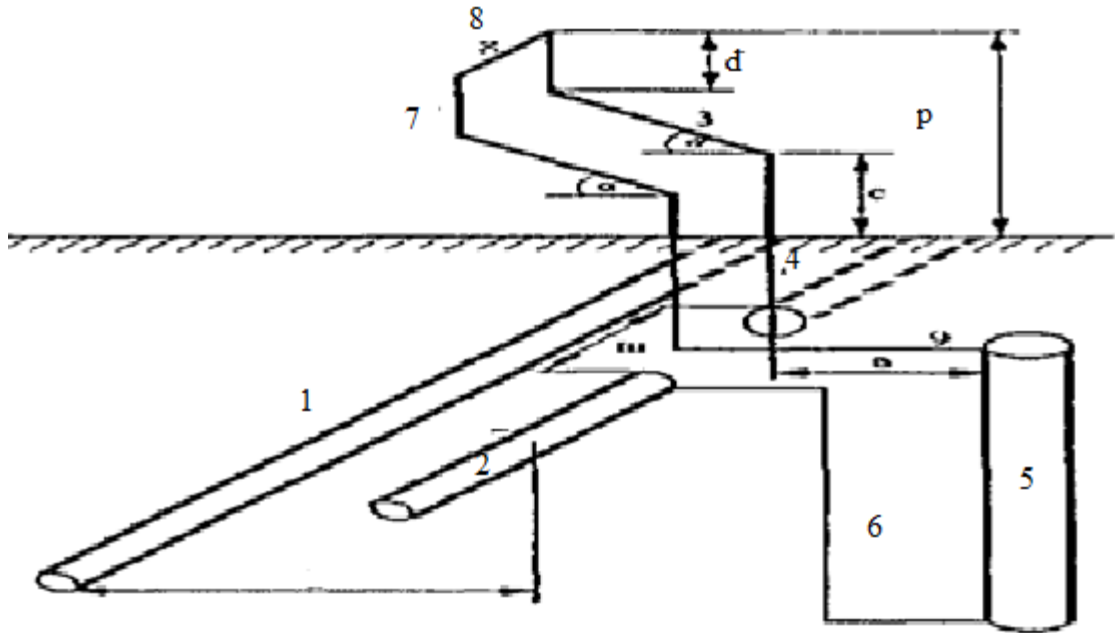


Құрылғы байланыс кәбілі (1), найзағайдан қорғайтын тросс (2), найзағай биіктігі Р қабылдағыш (3), ұзындығы «С» вертикаль аймақтан тұратын сынған профиль, жер деңгейі және қорғалатын кабельдің жоғарғы вертикаль аймағына қатысты еңкею бұрышы - «а» еңкею аймағы, ұзындығы «d» жерсіндіргіш (5), 1-шеті найзағай қорғағыш тростың үзілген жерінде (2) 2-өткізгіш (6) арқылы найзағай қорғағыш тростың бірінші бөлігімен жалғасқан 1-өткізгіш арқылы (4) найзағай қабылдағышқа қосылған. 2-шеті үшінші өткізгіш (7) пен тростың 2-ші бөлігімен жалғасады. Тростың үзілу нүктесінде екі бөлігінің арасындағы т арақашықтығы тросс төселу тереңдігінен аспайды. Жерсіндіргіш горизонталь немесе түзу, жерге қосу эффектісінің көбеюі үшін параллель жерге қосқыш жүйе ретінде орнатылуы мүмкін. Құрылғы былай жұмыс істейді. Найзағай болғанда соққының үлкен бөлігі бірінші өткізгіш арқылы троссқа келеді. Тросста үзілудің болуы жерге қосқышқа тростың жалпы кіріс кедергісін азайтып, сосын тоқты көбейтуге мүмкіндік береді. Кедергінің азаюынан трос, кәбіл арасында тоқты бөлу орындалады, ол кәбілді қорғау тиімділігін көбейтеді. Бұл құрылғының басты кемшілігі найзағай разрядының тоғын тросс, жерсіндіргішке теңдей бөле алмауы.

2-ші құрылғыны қарастырайық. Бұл құрылғыда онша кемшілік жоқ. 2-құрылғыны сұлбасы 3.4 – суретте көрсетілген.



Сурет 3.4 – Жерге қосқышты пайдаланып найзағайдан қорғайтын тросс көмегімен байланыс кәбілін найзағайдан қорғайтын құрылғы (1-нұсқа).



Сурет 3.5 – Жерге қосқышты қолданып, найзағайдан қорғайтын тросс көмегімен байланыс кәбілін найзағайдан қорғағыш құрылғы (2-нұсқа)

Құрылғы байланыс кәбілі (1), найзағайдан қорғағыш тросс (2), найзағай биіктігі  $P$  қабылдағыш (3), ұзындығы «С» түзу аймақтан тұратын сынған профиль, жер деңгейі, қорғалатын кәбілдің жоғарғы вертикаль аймағына қатысты еңкею бұрышы, «а» еңкею аймағы, ұзындығы «d» жерсіндіргіш (5), найзағай қорғағыш тросстан «а» және горизонталь кабельден ( $a + b$ ) ара қашықтықтағы жерге қосқыш (5), 1-шә найзағай қабылдағыш (3) - тросстың 1-ші бөлігімен жер астында орналасқан 1-өткізгішпен жалғанған, тросстың 2-ші бөлігі 2-ші өткізгіш арқылы (6) жерсіндіргіштің 1-ші шетімен жалғасқан (5), үзілу нүктесінде 1-ші бөлігі, 2-ші бөлігінің арақашықтығы төселу тереңдігінен «т» аспайды, найзағай қабылдағыштың 1-ші және 2-ші аймағы өзара 2-ші (8) өткізгішпен жалғасқан, жерсіндіргіштің 2-ші шеті жер астындағы 4-ші өткізгішпен (9) 2-ші найзағай қабылдағышпен (7) қосылған.

Құрылғы былай жұмыс істейді. Найзағай соққысы кезінде 1-ші, 2-ші найзағай қабылдағышты жалғастырып тұрған 3-ші өткізгіш сым (8) арқылы тоқ арасында теңдей бөлініп 1-ші найзағай қабылдағыш, бірінші өткізгіш арқылы тросстың 1-ші бөлігіне түседі. Троссты 2-ші бөлігіне тоқ 2-ші найзағай қабылдағыш, 4-ші өткізгіш, жерсіндіргіш, 2-ші өткізгіш арқылы түседі. 1-ші құрылғыда тоқ доғалық разряд тудыратын, «т» аралығының жабылып қалуына әкелетін тросстың 1-ші, 2-ші бөлігі арқылы таралатын. Ал 2-ші құрылғыда таралу найзағай қабылдағыш жоғарғы бөлігінде орындалады.

Нәтижесінде кәбілді қорғау тиімділігі жоғарылайды, тоқтың тек индукцияланған бөлігі ғана кәбілмен ағады. Осылайша екінші найзағай қабылдағышты енгізу - тоқты тросстың 1-ші, 2-ші бөлігімен бөлуге, электрлік доғаның пайда болдырмауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде кәбілді қорғау тиімділігі жоғарылайды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста Қазақстанның орталық аймақтарындағы оптикалық кәбілдің найзағайдан бүлінуі зерттеліп, оған талдау жасалды. Осы кезде металл элементтен тұратын оптикалық кәбілдердің найзағай тоғынан қорғау әдістері ұсынылған.

Жұмыстың кейбір қорытындылары әр бөлімінде түйін сөз ретінде келтірілген.

Жұмыс негізгі қорытындылары:

1) Қазақстанның орталық аймақтарындағы жерасты кәбелдерінің найзағайдан бүліну нәтижесінде найзағайдан нақты бүлінуі – олар есептелген найзағай бүлінулеріне қарағанда көбірек. Бұл аймақта арнаулы климаттық, геологиялық, сонымен қатар рельефтік және тағы басқа жағдаймен түсіндіріледі;

2) оптикалық кәбілдердің найзағай түсуінен бүлінуінің статистикалық зерттеулері жоқ. Кабель найзағай бүлінулері туралы жинақталған мәліметтер негізінде теориялық зерттеулер жүргізілді;

3) фронталды, массаішілік күркіреу сипатын есептеу қажет болды. Зерттелетін аймаққа күркіреу қауіпі деңгейі шамасын бағалайтын карта жасалды;

4) зерттелетін аймақта 2 негізгі күн күркіреу түрлері бар екені анықталды:

- жобалау кезіндегі күн күркіреу теңсіздігінен анықталатын түрі;

- топырақ сипаттамасы арқылы анықталатын түрі.

5) статистикалық мәліметтер талдауы көрсеткендей, кабельдік жолдар найзағай бүлінуі доға түрінде болады;

6) найзағай тоғының жиілігі 1590 Гц болатын топырақ өткізгіштігін анықтайтын әдістемесі жасалды;

9) кабель металл элементтеріне зиян кернеуді анықтау үшін мына үлгі ұсынылды. Екі тізбек зерттелді: 1-ші тізбек «жер - броня», 2-ші тізбек «металл қабаты - броня»;

10) оптикалық кәбілдерді найзағай соққысынан қорғайтын тростар саны туралы ұсыныстар берілген;

12) найзағай соққысынан қорғау сызбалары ұсынылған.

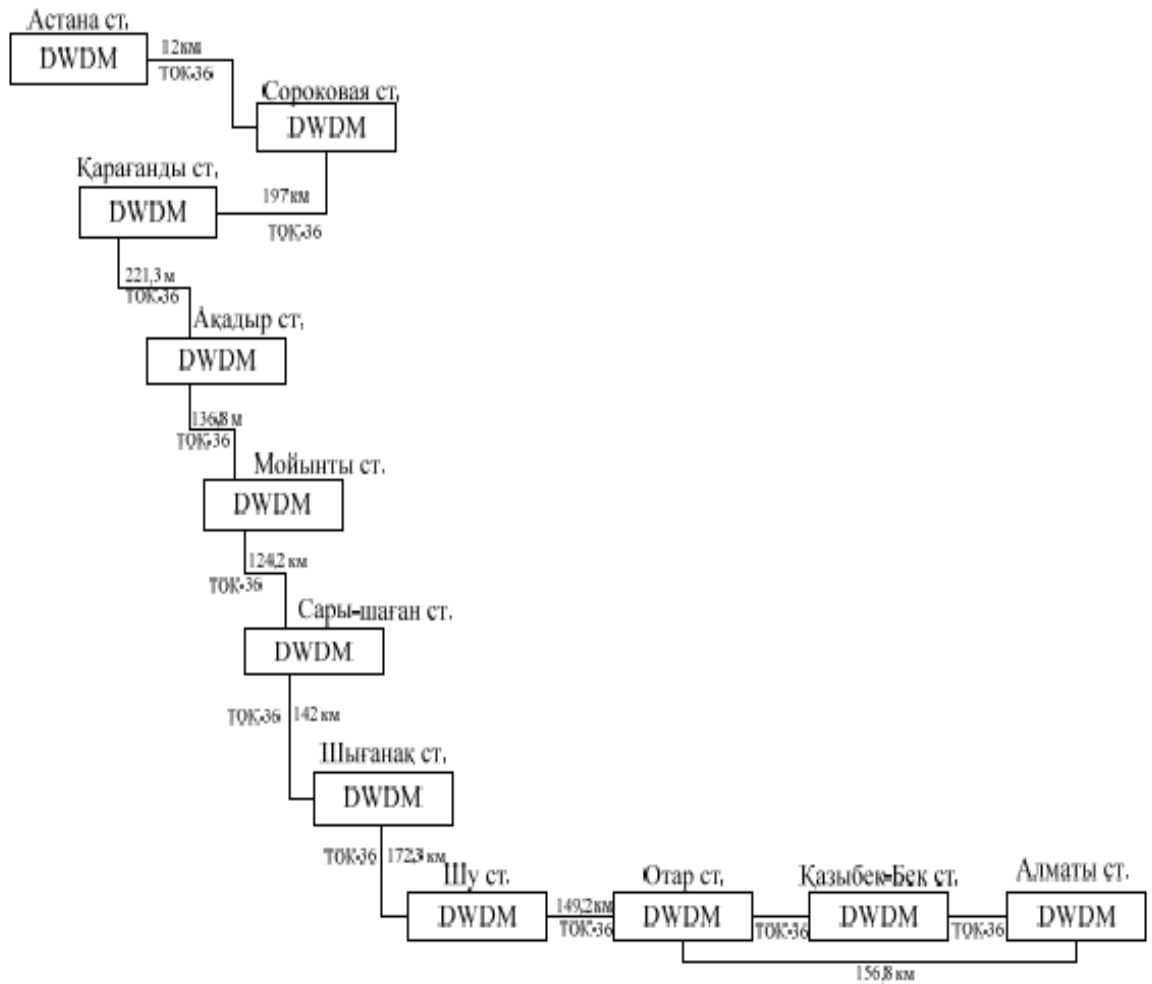
## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н.; Под ред. Кочановского Л.Н. - б-е изд., перераб. И доп. Линии связи: Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 1995 - 488 с.: ил.
- 2 Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. - М.: ЛЕСАР арт, 2003. 288 с., ил.
- 3 Андреев В.А., Бурдин А.В., Многомодовые оптические волокна. Теория и приложения на высокоскоростных сетях связи. Монография. - М.: Радио и связь, 2004. - 248 с.
- 4 Снайдер А., Лав Дж., Теория оптических волноводов: Пер. с англ. - Радио и связь, 1987. - 656 с.: ил.
- 5 Sunde E.D. Earth Conduction effects in Transmission System. - New York, USA, 1949-344 с.
- 6 Боголюбов А.Н., Делицин А.Л., Могилевский И.Е., О математическом обосновании вариационно-разностного подхода к численному моделированию волноведущих систем // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. - 1998 - №5. - стр. 14 -17.
- 7 Новичков В.В., Сабинин Н.К., Выбираем оптический грозотрос, LIGHTWAVE russian edition №3 2004.
- 8 Bishop D., Specifying Optical Ground Wire // Electric Energy Magazine, 2000, September.
- 9 Кашпровский В. Результаты измерений проводимости почв СССР. - Журнал «Радио», 1963, № 9.
- 10 Правила защиты средств проводной связи железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасных и мешающих влияний линий электропередачи. - 621.391.8, П.683, часть 1, 1969.
- 11 Шонланд Б. Полет молнии. - М., Гидрометеиздат, 1970 - 160 с.
- 12 Юман М. Молния. - М., «Мир», 1972. - 327 с.
- 13 Мучник В.М. Физика грозы. - Лен., Гидрометеиздат, 1974-350 с.
- 14 CCITT. The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharged. - Published by the International telecommunication union, 1974.
- 15 Руководство по защите подземных кабелей связи от ударов молнии. М., «Связь», 1975.
- 16 Фролов А.Д. Электрические и упругие свойства криогенных пород. - М., «Недра», 1976.
- 17 Статистические и временные характеристики опасных явлений погоды на территории Кольского полуострова. - Заключительный отчет Мурманского филиала НИИ Арктики и Антарктиды, часть I, 1977.
- 18 Домашенко В.Г. О возможности уточнения плотности разрядов молнии на землю по данным о грозовых отключениях ЛЭП. - В сб. «Техника высоких напряжений и электрическая прочность изоляции». - Томск, 1977, с. 96 - 101.

- 19 Гальперин В.В. Справочник по воздушным и кабельным сетям в районах многолетнемерзлых грунтов. - Лен., «Энергия», 1977 - 184 с.
- 20 Базелян Э.М., Горин Б.Н., Левитов В.И. Физические и инженерные основы молниезащиты. - Лен., Гидрометеиздат, 1978-223 с.
- 21 Исследование грозových влияний на кабели связи. - Иркутский Государственный Университет им. А.А. Жданова, кафедра метеорологии, отчет по теме № 43, 1978 г.
- 22 Под редакцией Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. Волоконно - оптическая техника: современное состояние и перспективы. ООО.«Волоконно-оптическая техника» Москва. 2005г.
- 23 Вэнс Э.Ф. Влияние электромагнитных полей на экранированные кабели. - М., «Радио и связь», 1982.
- 24 Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели. - М., «Энергоатомиздат», 1991 -264 с.
- 25 Научно-технический информационный сборник «Связь». Выпуск 10-М., «Информсвязь», 1993.
- 26 Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. - М., «Радио и связь», 1993 - 265 с.
- 27 Иванов А.Б. Волоконная оптика. - М.: Syrus. 1999. - 120 с.
- 28 [https://www.kazatk.kz/material/nauka/respub\\_mejdu\\_kon.pdf](https://www.kazatk.kz/material/nauka/respub_mejdu_kon.pdf)

## А Қосымшасы

### ТОБЖ сызбасы



## Қосымша Б MatCad бағдарламасындағы есептеулер

The screenshot shows the Mathcad software interface with the following content:

**Mathcad - [ABNUR APAI 1.mcd]**

File Edit View Add Format Instruments Symbols Units Solve

Normal Arial 10 B I U

$$t_{0max} \leq K_c \cdot \frac{h}{2}$$

$$F = \frac{K_c \cdot h \cdot e^{-0.0381p}}{r_{p0} \cdot K_{risk}} \quad y \leq t_{0max}$$

$$K_c = \frac{e^{-0.131\sqrt{1}} \cdot e^{-0.0381}}{2 \cdot K_{risk}} \quad t_{0max} \leq y \leq K_c \cdot h - t_{0max} \quad K_c = 0$$

$$I = \frac{2 \cdot \pi \cdot E_0 \cdot (K_c \cdot h - y)^2}{\rho} \quad K_c \cdot h - t_{0max} \leq y \leq K_c \cdot h - r_{p0}$$

$$K_c = \frac{(r_{p0} \cdot e^{-0.131\sqrt{1p}} + K_c \cdot h - y) \cdot e^{-0.0381p}}{2 \cdot r_{p0} \cdot K_{risk}} \quad K_c \cdot h - r_{p0} \leq y \leq K_c \cdot h$$

$$.. \quad (r_{p0} \cdot e^{-0.131\sqrt{1p}} + y - K_c \cdot h) \cdot e^{-0.0381p} \quad K_c \cdot h \leq y \leq K_c \cdot h + r_{p0}$$