

Finally, a key value of geometry is the culture of proof. In developmental learning, proof is not treated as reproduction of templates but as the construction of a coherent logical chain. Students should be explicitly taught forms of mathematical reasoning, including “if ..., then ...” statements, reasoning by contrapositive, and proof by contradiction.

4. Conclusion and methodological recommendations

To improve the quality of mathematics teaching within a developmental learning framework, the following methodological recommendations can be highlighted:

1. Conduct a qualitative analysis of mathematics curricula and, if necessary, redistribute instructional time to strengthen challenging topics and increase practical components.

2. When implementing assessment and monitoring activities, use task formats aligned with the Kazakhstan Mathematics Assessment Framework, focusing on the targeted skills and activity types reflected in the content codifier.

3. Provide systematic practice in transformations, constructions, measurement, and calculation, including through electronic educational resources.

4. Increase the proportion of reasoning-oriented tasks: logical problems (including number theory), proof-based tasks, complex and combined tasks, tasks with non-standard formulations and additional conditions, as well as contextual and story-based problems.

5. Strengthen practice-oriented problem solving by increasing tasks that require reading, analyzing, and interpreting diagrams, drawings, and models, and by incorporating activities that develop functional (including mathematical) literacy.

References

1. Akiri, I. K. (2000). Intellectual games in mathematics lessons. *Mathematics at School*.
2. Dalinger, V. A. (2006). *Methodology for teaching students the proof of mathematical propositions*. Moscow: Prosveshchenie.
3. Elkonin, D. B. (1974). *Psikhologiya obucheniya mladshogo shkolnika* [Psychology of learning in primary school]. Moscow: Prosveshchenie.
4. Koyanbayev, Zh. B., & Koyanbayev, R. M. (2010). *Pedagogy*. Almaty: Rauan.
5. Zankov, L. V. (1990). *Teaching and Development*. Moscow: Prosveshchenie.
6. Zhumabayeva, A. (2017). *Theory and Methods of Teaching Mathematics*. Almaty: Kazakh University.

Елубай А.И., Оралбаева А.Н., Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті, физика-техникалық факультеті, РТ-23-1к- тобының, студенттері
(*Ғылыми жетекшісі - радиоэлектроника және физика кафедрасының аға оқытушысы Әлиев Е.М.*)

ТАЛШЫҚТЫҚ-ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ ГЕТЕРОГЕНДІКТЕРДІ ЖЕРГІЛІКТЕНУДІҢ ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН РЕФЛЕКТОМЕТРИЯНЫҢ ӨЛШЕУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӘДІСІ

Андатпа. Әртүрлі конфигурациядағы талшықты-оптикалық байланыс желілеріндегі біркелкі еместіктерді локализациялау дәлдігін арттыру үшін оптикалық уақыт доменінің рефлектометрияның (OTDR) оңтайлы параметрлерін таңдаудың кешенді әдіснамасын әзірлеу

Кілт сөздер: OTDR , оптикалық уақыт доменінің рефлектометрия, талшықты-оптикалық байланыс желілері, өлшеуді оңтайландыру, өлі аймақтар, импульс ұзындығы, толқын ұзындығы, сигналды орташалау, локализациялау дәлдігі.

Кіріспе. Талшықты-оптикалық байланыс желілері (ТОБЖ) заманауи телекоммуникациялық инфрақұрылымның негізі болып табылады, әлемдік интернет трафиінің 95%-дан астамын тасымалдайды. Халықаралық электрбайланыс одағының (ХЭО) мәліметтері бойынша , 2025 жылға қарай оптикалық байланыс желілерінің жалпы ұзындығы 600 миллион шақырымнан асады.

Оптикалық рефлектометр (оптикалық Уақыт Домен Рефлектометр (OTDR) талшықты-оптикалық байланыс желілерін диагностикалаудың негізгі құралы болып табылады, ол үзілістерді анықтауға, қосылыстардағы әлсіреуді өлшеуге және желінің жалпы сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Талшықты-оптикалық талшық жұмысын сертификаттау және барларын бақылау, ақауларды анықтау және табу үшін қолданылады, сондай-ақ пайдалану жеңілдігі, жылдам реакция және экономикалық тиімділігі жоғары. OTDR жұмысы екі негізгі құбылысқа негізделген Рэлей шашырауы және Френель шағылысулары

Рэлей шашырауы кварц әйнегінің аморфты құрылымындағы сыну көрсеткішінің ауытқуына байланысты пайда болады. Кері шашыраңқы сигнал қуаты: $PBS(z) = P_0 S \text{vg } W \text{ as } \exp(-2az)$

Френель шағылысулары әртүрлі сыну көрсеткіштері бар орталардың шекараларында пайда болады:
 $R = [(n_1 - n_2) / (n_1 + n_2)]^2$

Зерттеу мақсаты: Әртүрлі талшықты-оптикалық байланыс желісінің конфигурациялары мен диагностикалық тапсырмалардың түрлері үшін оңтайлы OTDR өлшеу параметрлерін таңдаудың ғылыми негізделген әдіснамасын әзірлеу. Импульс ұзындықтары (нс) көрінбейтін аймақтарға, локализация дәлдігіне, динамикалық диапазонға әсерін эксперименталды түрде зерттеу. Толқын ұзындықтарындағы өлшеулердің салыстырмалы талдауын жүргізу. OTDR параметрлерін көп критерийлі оңтайландыру алгоритмін әзірлеу.

Зерттеу жабдықтары мен әдістері. Зерттеулер жүргізу кезінде Оптикалық уақыт доменінің рефлектометрі (OTDR): толқын ұзындығы 1310/1550 нм , импульс диапазоны 10-1000 нс,DVP -740 дәнекерлеу аппараты : автоматты доғалық дәнекерлеу,Генератор оптикалық сигнал : 1310 және 1550 нм,Оптикалық қуат өлшегіш: диапазоны -70-тен +10 дБм- ге дейін.OTDR өлшеулерінің негізгі параметрлерінің (импульс ұзындығы: 10-1000 нс ; толқын ұзындығы: 1310 және 1550 нм ; орташалау саны: 10-10000 цикл) төрт түрлі біртекті еместікті анықтау және локализациялау дәлдігіне әсерін зерттеу үшін эксперименттік зерттеу жүргізілді: дәнекерленген қосылыстар, ажыратылатын қосылыстар, макроиілүүлөр және микроиілүүлөр .

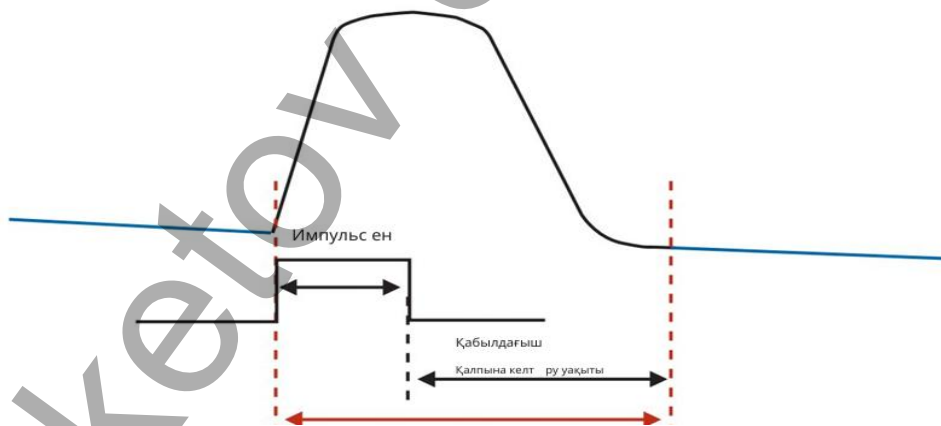
Зерттеу барысында локализацияланған жерге қатысты географиялық жоғалту және шағылысу кезіндегі жарық импульсі талшыққа енгізудеге фотондардың бөлігі жарық микроскопиялық сәулеленудің әсерінен кездейсоқ бағыттағы Рэлей шашырауы негізіндегі үзілістерді талшық бойындағы ақауларды анықтау,сонымен қатар екі сәуле шекарасынан шағылысқанда пайда болатын Френель шағылысуын анықтайтын OTDR негізінде жүргізілді.Талшықты байланыс желісінің бойындағы кері шашыраңқы деңгей OTDR арқылы анықталады.Талшыққа енгізілген сигналды қабылдайтын компонент фотодиодта күшті шағылысу болған кезде қаныққан күйінен қалпына келуі үшін уақыты қажет етеді.Бұл уақыт ішінде ол кері шашыраңқы сигналды дәл анықтай алмайды және осы кезеңдегі талшық ұзындығының қалпына келу уақыты көрінбейтін аймақ болып табылады. Көрінбейтін аймақтарды қарастырсақ:

Көрінбейтін аймақтағы әрекет (Event Dead Zone -EDZ) -OTDR келесі оқиғаны анықтай алатын шағылысу оқиғасынан кейінгі ең аз қашықтық .

Көрінбейтін аймақтағы әлсіреу (Attenuation Dead Zone-ADZ)) - OTDR әлсіреуін дәл өлшей алатын шағылысу оқиғасынан кейінгі ең аз қашықтық.

1-кесте. Көрінбейтін аймақтардың импульс ұзындығына тәуелділігі

Импульс ұзындығы (нс)	EDZ (м)	ADZ (м)	Ажыратымдылық (м)
10	1,0 ± 0,1	3,0 ± 0,3	1.0
30	3,0 ± 0,2	9,0 ± 0,5	3.0
100	10,0 ± 0,5	30,0 ± 1,5	10.0
300	30,0 ± 1,0	90,0 ± 5,0	30.0
1000	100,0 ± 3,0	300,0 ± 15,0	100.0



1-суретте көрінбейтін аймақтардың импульс ұзындығына әсері

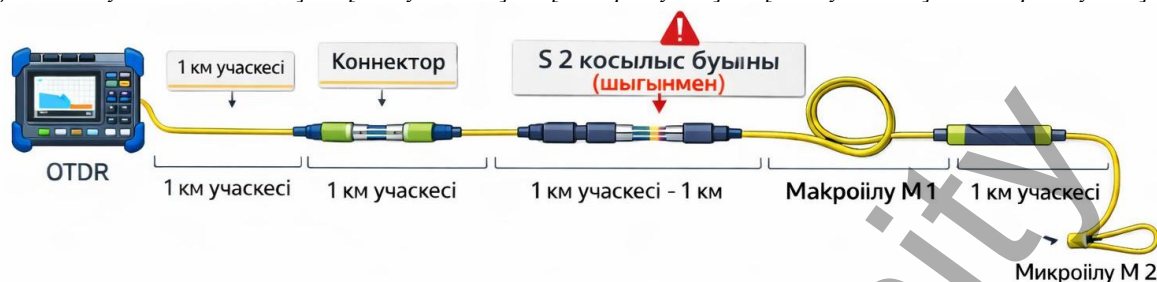
Толқын ұзындығын таңдау.Әртүрлі толқын ұзындықтарында жоғалулар әртүрлі мән қабылдайды.Зерттеуде әдетте жиі қолданылатын 1310нм және 1550нм толқын ұзындықтары қарастырылды.Оптикалық талшықтың әлсіреу спектрі келесі мөлдірлік терезелеріне ие.

2-кесте. Талшықты-оптикалық мөлдірлік терезелері

Терезе	Толқын ұзындығы	Әлсіреу	Қолданба
1-ші терезе	850 нм	2,5-3,0 дБ/км	Көп режимді жергілікті желілер
2-ші терезе	1310 нм	0,35-0,40 дБ/км	Бір режимді желілер

1310 нм туралау мәселелеріне (қосылулардың дұрыс емес туралануы) сезімталырақ , ал 1550 нм талшықтағы иілулер мен жарықтарға сезімталырақ.Зерттеу кезінде сынақ желісінің конфигурациясы жасалды.

[OTDR] → [1км учаскесі] → [Коннектор] → [S 1 қосылыс буыны] → [1 км учаскесі] → [Коннектор] → [S 2 қосылыс буыны шығынмен] → [1км учаскесі] → [Макроілу M 1] → [1 км учаскесі] → Микроілу M 2]



2-сурет. Сынақ сызығының диаграммасы

Осы сынақ желісінің конфигурациясы негізінде 1310/1550 нм толқын ұзындықтарын салыстырулар жүргізілді.

3-кесте. Өртүрлі жағдайлар үшін оңтайлы параметрлер

Сценарий	λ (нм)	τ (ns)	N	Сипаттамалары
Жергілікті желі (<2 км)	1310 ж.	10:30	300-1000	EDZ<3м, δz <1м
Қала тор	1310+1550	100	1000	EDZ~10м, δz <5м
Тас жол	1550 ж.	300-1000	3000-10000	DP>40 дБ
Экспресс	1550 ж.	100	10:30	T<30 сек
Іздеу иілістер	1550 ж.	30-100	1000-3000	Сезімдер $\times 3$

Қорытынды

Талшықты-оптикалық байланыс желісін диагностикалаудың дәлдігіне OTDR негізгі параметрлерінің әсері эксперименталды түрде анықталды.Орташалаудан көрінбейтін аймақтардың импульс ұзындығына, динамикалық диапазонға тәуелділіктері алынды.Өртүрлі жағдайлар үшін оңтайлы параметрлерді таңдаудың кешенді әдістемесі әзірленді.Параметрлерді автоматты түрде таңдау алгоритмі жасалды. Әмбебап параметрлермен салыстырғанда дәлдіктің 30-80%-ға жақсарғаны көрсетілді.Бұл зерттеудің ғылыми маңыздылығы барлық негізгі OTDR параметрлерінің кешенді талдауы алынды.Толқын ұзындығын таңдаудың сандық критерийлері белгіленді сонымен қатар әзірлеуші теориялық тұрғыдан дәлелденген оңтайландыру әдісі алынды.Практикалық маңыздылығын атап өтсек талшықты-оптикалық байланыс желісін диагностикалау сапасын жақсарту.Өлшеу уақытын 70%-ға дейін қысқарту.Ақаудың жоқ болу ықтималдығын азайту.Желі жұмысы кезінде ресурстарды үнемдеу.

Өрі қарай зерттеу жүргізуге арналған бағыттар

1. Автоматты оңтайландыру үшін машиналық оқытуды пайдалану
2. Өлшеу нәтижелеріне температураның әсерін зерттеу
3. Параметрлерді автоматты түрде таңдауға арналған бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу

Әдебиеттер:

1. ITU-T Recommendation L.66: Optical fibre cable maintenance criteria for in-service fibre testing in access networks. Geneva: ITU, 2007.
2. IEC 61746-1: Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 1: General. Geneva: IEC, 2009.
3. TIA/EIA-455-8A: Measurement of Fiber Point Defects Using an OTDR. Arlington: TIA, 1996.
4. OTDR Development Based on Single-Mode Fiber Fault Detection. PMC, July 2025.
5. Comparing OTDR Wavelength Responses. Yamasaki Optical Technology, May 2025.
6. OTDR Dead Zones matter - EDZ and ADZ. Yamasaki Optical Technology, July 2025.
7. SNR improvement in time-expanded phase-sensitive OTDR. Optics Letters, Vol. 50, No. 2, January 2025.
8. An SNR Enhancement Method for Φ -OTDR Vibration Signals. PMC, July 2024.
9. A Review of Machine Learning Enabled Distributed Fiber Optic Sensors. Sensors & Transducers, 2025.
10. AI-Based OTDR Event Detection. Open Access Journal of AI & ML, November 2025.