

channels. Therefore, the transmitted power of the group signal should not exceed the required level. In wave multiplexing systems, the choice of effective signal power reduces the interference effect on the transmission quality and provides a reliable connection with guaranteed QoS.

УДК 620:191.33:681.7.624.012

Б.Н.Рахимов, Б.А.Тургунов

ОПТИК ТОЛА БУКИЛИШИДА ОПТИК ҚУВВАТНИ АЖРАТИБ ОЛИШ САМАРАДОРЛИГИ

Ушбу мақолада толали оптик алоқа тизимларига толани букиш орқали рухсатсиз уланувчи, бу фаолиятини самарали амалга ошириш учун толани қандай оптимал радиусга эгиши лозимлиги экспериментал усулда аниқланади. Шунингдек тола букилиш участкасида оптик йўқотиш коэффициентининг эгилиш радиусига боғлиқлигини математик қонуниятни апроксимациялаш усули орқали аниқланади. Натижа сифатида рухсатсиз уланувчи ўз фаолиятини самарали амалга ошириш учун толани қандай оптимал радиусга букиши лозимлиги аниқлашнинг математик ечими берилади ва буни олдини олиш чоралари ёритилади.

Калит сўзлар: Толани букиш, линияга рухсатсиз уланиш, толани оптимал букиш радиуси, хатолик коэффициенти, толанинг оптик йўқотиш коэффициенти.

Кириш. Маълум бўлганидек алоқа тизимлари бугунги кунда инсоният ҳаётининг ажралмас қисмидир. Алоқа воситаларининг у ёки бу қўриниши жамиятнинг турли жабхаларида, масалан уйда ёки иш фаолиятимизда кенг қўлланишга эга. Шунинг учун ҳам алоқа тизимлари орқали узатиладиган ахборотларнинг рухсатсиз киришлардан химоялашга бўлган талаблар кун сайин ортиб бормоқда.

Оптик алоқа тизимлари бугунги кунда кенг қўлланиши сабаби нафақат маълумот ўтказиш қобилиятининг юқорилигида, балки бундай тизимларда ахборот хавфсизлиги даражаси бошқа тизимларга нисбатан (радио, электр ўтказгичли ва х.з) юқорилигидир. Аммо шуни унутмаслик лозимки, оптик толали алоқа тизимлари ҳам ташқи рухсатсиз киришлардан мутлақ химояланган эмас. Чунки фан-техниканинг ривожланиши толали оптик алоқа тизимларида ахборот хавфсизлигига бўлган таҳдидларни патенциал имкониятларини ортирди. Шу сабаб бугунги кун алоқа тизимларидаги энг муҳим вазифалардан бири толали оптик алоқа тизимларида узатилаётган ахборотларни рухсатсиз киришлардан химоялашдир.

Толали оптик алоқа тизимларида рухсатсиз киришни тахлилини амалга оширишдаги энг муҳим вазифалардан бири бу толали нур ўтказгични оптимал эгилиш радиусини аниқлашдир. Бунинг ахамияти шундаки, толадан оптик қувватни самарали ажратиб олиш мумкин бўлган оптимал букилиш радиусини аниқлаш орқали рухсатсиз киришларни олдини олиш имконияти юзага келади. Яъни толани бундай оптимал букилиш радиусида букиш имконини чеклаш, ёки оптик тола бундай оптимал букилиш радиусига тенг радиусга

Миразимова Гулнора Хасановна

Телекоммуникация инжиниринги кафедраси
катта ўқитувчиси

Эл. почта: azim3105@gmail.com

букилганда тезкор аниқлаш йўли билан рухсатсиз киришни олдини олиш ёки аниқлаш мумкин.

Толали оптик алоқа тизимлари (ТОАЛ)да ахборотларни рухсатсиз киришлардан химоялаш учун аввало рухсатсиз киришни амалга оширувчининг фаолиятни билиш лозим. Шундагина бундай фаолиятлардан ахборотларни самарали химоя қилиш тизимини яратиш мумкин бўлади.

Маълумки толали оптик алоқа линияси орқали узатиловчи ахборотга рухсатсиз киришни амалга оширувчи, ўз мақсадини амалга ошириш учун албатта толадан маълум бир қийматдаги оптик қувватни ажратиб олиши лозим. Ажратиб олинувчи ушбу оптик қувватнинг қийматига юқори ва қуйидан чеклов мавжуд. Вахоланки, толадан ажратиб олинаётган оптик қувватнинг қиймати белгиланган юқори чегаравий қийматдан ортиб кетса, бу ҳолат мазкур рухсатсиз уланишни ТОАЛ назоратлаш тизими орқали аниқланиб қилинишига сабаб бўлиши мумкин. Агар рухсатсиз уланувчи ўз фаолиятини аниқланиб қилиниш эҳтимоллигини камайтириш мақсадида, толадан ажратиб чиқараётган оптик қувват микдорини кескин камайтирадиган бўлса, яъни қуйи чегарадан кичик бўлган қийматда оптик қувватни толадан ажратиб чиқара бошласа, у ҳолда рухсатсиз фойдаланувчининг ахборотни қайта тиклаш эҳтимоллиги камайиб кетади. Шунинг учун ҳам ТОАЛга рухсатсиз уланишни амалга оширувчи толани шундай оптимал радиусга букиши лозимки, бунда рухсатсиз уланишнинг аниқланиб қилиниш эҳтимоллиги паст, рухсатсиз олинаётган ахборотни сифатли қайта тиклаш эҳтимоллиги юқори бўлсин.

Асосий қисм: Оптик толаларни нур ўтказиш хусусиятидан маълумки, толани букилишидаги

ажралиб чикувчи оптик қувват толанинг эгилиш радиусига ва эгилиш ёйи узунлигига боғлиқ. Бундай боғлиқликларни назарий жихатдан тадқиқ қилиш мақсадида кўплаб тадқиқот ишлари бажарилган. Масалан Д. Маркус, А. Харрис, В. Шевченко каби олимлар ушбу мавзуда тадқиқот ишлари олиб борганлар. Мазкур ишда бугунги кунда ТООЛ да кенг қўлланилаётган оптик кабеллар таркибидаги оптик толаларни букилишидаги ажралиб чиққан оптик қувватни эгилиш радиусига боғлиқлигини тажрибавий усулда тадқиқ қилинади ва мос математик қонуниятлари ишлаб чиқилади.

Авалло шунга такидлаш лозимки, толани букилишидаги “оптик қувват йўқотишлари” ва “оптик қувватни ажратиб олиниши” каби тушунчалар бир хил маънони англатмайди. Чунки толани букилиши сабабли йўқотилган оптик қувватнинг барчаси рухсатсиз уланувчининг фотоқабул қилиш қурилмасига тушмайди. Йўқотилган оптик қувватнинг бир қисми толанинг қобиғида сочилиб кетади, яни маълум бир қисми шундай фазовий бурчакда ажралиб чиқадики, уни йиғиб фото қабул қилиш қурилмасига туширишнинг имкони мавжуд эмас. Шунинг учун ҳам толани букишда “ажратиб олинган қувват” ни “йўқотилган қувват”га қай даражада мослигини баҳолаш учун “йиғиш коэффициентини” каби тушунча киритилган. У холда тола букилиши натижасида йўқотилган оптик қувват ва рухсатсиз уланувчи томонидан ажратиб олинган оптик қувват ўртасида боғлиқликни қуйидагича ифодалаш мумкин [1]:

$$P_{\text{й}} = K_a * P_{\text{фк}}, \quad (1)$$

бу ерда:

$P_{\text{й}}$ – рухсатсиз уланувчи томонидан ажратиб олинган қувват,

$P_{\text{фк}}$ – тола букилиши натижасида йўқотилган тўлиқ оптик қувват,

K_a – алоқа коэффициентини (йиғиш коэффициентини).

Юқорида қўлланилган K_a – алоқа коэффициентини толани букишдаги ажратиб олинган оптик қувват қийматини белгилаб берувчи асосий параметр ҳисобланади. Унинг қиймати қанчалик 1 га яқинлашса ажратиб олинган қувватнинг қиймати йўқотилган қувватнинг қийматига шунчалик яқинлашади. Алоқа коэффициентининг қиймати қуйидаги омилларга боғлиқ:

- Букиш амалга оширилиши лозим бўлган толанинг турига;
- Оптик қувватни йиғиш қурилмасининг конструктив ечимига.

Оптик толада нур тарқалиш жараёни толанинг ўзак ва қобиқ чегарасидаги нурнинг тўла ички қайтиш ходисасига асосланади. Тўла ички қайтиш ходисасини амалга ошириш шартини эса қуйидагича, яъни:

$$n_1 > n_2. \quad (2)$$

Бу ерда:

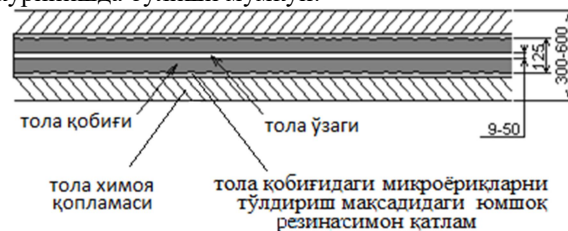
n_1 – тола ўзагининг нур синдириш кўрсаткичи,

n_2 – тола қобиғининг нур синдириш кўрсаткичи.

ТООЛ га рухсатсиз уланиш мақсадидаги томон толадан оптик қувватни ажратиб олиши учун оптик толада тўла ички қайтиш ходисасини қисман бузилишига эришиши лозим. Шунда оптик қувватнинг маълум бир қисми тола ўзагидан қобиғига ва нихоят тола ташқарисига сизиб чиқади ва рухсатсиз уланиш каналини ҳосил қилади. Толани букиш бунга эришишнинг энг осон ва кам харажатли усулидир.

Бугунги кунда кенг қўлланилаётган замонавий оптик толалар ўзак ва қобиқдан ташқари қўшимча икки устки қатламга эга. Тола қобиғи кварцдан таёрланади ва одатда унинг диаметри 125 мкм ни ташкил этади. Шунинг учун ҳам бундай тола қобиғининг механик таъсирларга чидамлилиги жуда паст бўлади. Толани тушқи механик таъсирлардан химоялаш мақсадида “химоя қопламаси” деб номланувчи қўшимча қатлам ҳосил қилинади. Бу химоя қопламаси полимер материалдан таёрланади ва турли диаметрларга эга бўлиши мумкин (300 дан 600 мкм гача) ва унинг нур синдириш кўрсаткичи n_3 каби белгиланади.

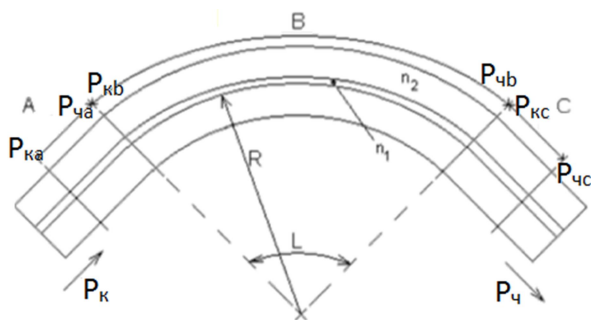
Тола қобиғи ва химоя қопламаси орасида одатда яна бир қатлам ҳосил қилинади. Бу қатлам юмшоқ резинасимон материалдан таёрланади ва тола қобиғидаги микроёриқларни тўлдириш вазифасини бажаради. Унинг нур синдириш кўрсаткичи қийматини максимал даражада тола қобиғининг нур синдириш кўрсаткичига тенг қилиб олинади. Бундай мураккаб конструктив тузилишга эга тола қуйидаги кўринишда бўлиши мумкин:



1-расм. Мураккаб конструкцияли оптик тола

Бундай мураккаб конструкцияга эга оптик толалар учун K_a - алоқа коэффициентининг қиймати кичик бўлади. Демак рухсатсиз киришни амалга оширувчининг бундай оптик толали алоқа линияларига уланишда ахборотларни қайта тиклаш имконияти нисбатан кичик бўлади [1].

Оптик қувватни ажратиб олиш мақсадида толани эгилганда, толанинг эгалган қисми халқанинг маълум бир сегментини ташкил қилади. Бунда тола букилиши натижасида толадаги тўла ички қайтиш жараёни қисман бузилади ва тола бўйлаб легал қабул қилувчи томон тарқалаётган оптик қувватнинг бир улуши тола ташқарисига сизиб чиқади. Қуйида оптик толанинг ёйсимон эгилиш участкаси тасвирланган.



2-расм. Оптик толанинг эгилиш участкаси чизмаси

Оптик толани ёйсимон эгилиш участкасини учга бўлиш мумкин. Ёйдаги **A** ва **C** бўлаклари толанинг тўғри шаклдан эгилган шаклли бўлагига ўтиш бўлакларидир. Ёйнинг **B** бўлаги эса доимий **R** радиусга эгилган бўлагидир. Оптик толанинг эгилиш участкасига кирувчи қувватни P_k билан, чикувчи қувватни эса P_c орқали белгилаймиз. Юқоридаги расм (2-расм) дан кўриниб турибдики, эгилиш участкасидан чиқиш қувватини кириш қувватига нисбати участканинг ҳар бир **A**, **B**, **C** бўлақларидан чиқиш қувватини кириш қувватларига нисбатларининг кўпайтмасига тенг, яъни[2]:

$$\frac{P_c}{P_k} = \frac{P_{ca}}{P_{ka}} \cdot \frac{P_{cb}}{P_{kb}} \cdot \frac{P_{cs}}{P_{ks}} \quad (3)$$

Чунки, чизмадан кўринадики:

$$\begin{aligned} P_k &= P_{ka} ; \\ P_{ca} &= P_{kb} ; \\ P_{cb} &= P_{ks} ; \\ P_{cs} &= P_c \end{aligned}$$

Яъни, **A** бўлақдан чиқиш қуввати **B** бўлақ учун кириш қуввати, **B** бўлақдан чиқиш қуввати эса **C** бўлақ учун кириш қуввати ҳисобланади.

Бу холатни ҳисобга олган ҳолда ва **A** ва **B** бўлақларни симметриклигини ҳисобга олинса, у ҳолда қуйидаги ифодага эга бўйлишимиз мумкин:

$$\frac{P_c}{P_k} = \left(\frac{P_{ca}}{P_{ka}}\right)^2 \cdot \frac{P_{cb}}{P_{kb}} \quad (4)$$

Агар толанинг маълум бир узунлигида сарфланадиган оптик қувватнинг миқдори тажрибавий жиҳатдан тола узунлигига ва толанинг сўндириш коэффициентини α га боғлиқ:

$$\frac{P_{cb}}{P_{kb}} = e^{-\alpha L} \quad (5)$$

Энди бу ифодани олдинги ифодага қўйилса ва тенгликнинг ҳар икки томонини натурал логарифмлашни амалга оширилса, у ҳолда қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$\ln \frac{P_c}{P_k} = -\alpha L + 2 \ln \left(\frac{P_{ca}}{P_{ka}}\right) \quad (5)$$

Тола букилган участкасининг эгилиш бўлаги учун сўндириш коэффициентини аниқлаш мураккаб масала. Бу масalani ечиш Максвеллнинг тўлқин тенгламаси асосида ечилади. Максвеллнинг тўлқин тенгламаси нурланишнинг ҳар бир модасини тарқалишини ифодалайди. Максвеллнинг бу тенгламаси асосида бир қатор назарий ҳисоблашлар ўтказилан, масалан Д.Маркус томонидан. Унинг ҳисоблашлари натижасида толанинг эгилиш участкасининг **B** бўлаги учун сўндириш коэффициентини α ни аниқлаш учун қуйидаги ифода олинган[3]:

$$\alpha = \frac{\sqrt{\pi} k^2}{4\gamma^{3/2} V^2 \sqrt{R} \cdot K_{+1}^2(\gamma a)} e^{-\frac{2\gamma^3 R}{3\beta^2}} \quad (6)$$

бу ерда:

$K_{+1}(\gamma a)$ – Ханкел функцияси;

$$k = \sqrt{n_1^2 k_a^2 - \beta^2}, k_a = \frac{2\pi}{\lambda}; \lambda - \text{вакумдаги тўлқин узунлиги};$$

узунлиги;

$$\beta = n_2 k_a (1 + b\Delta); \Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2};$$

b – ўзакдаги тарқалиш коэффициентини;

$$V = ak\sqrt{n_1^2 - n_2^2}; \gamma = \sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_a^2}$$

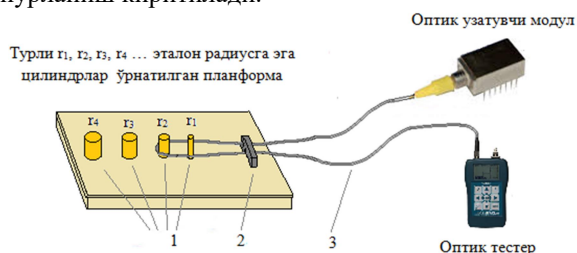
Тола букилишидаги оптик қувват йўқотишларини амалий ўрганишда **A** дан **B** га, **B** дан **C** ўтишларидаги йўқотишларни ҳисобга олмаслик мумкин. Ваҳоланки толанинг кичик узунликларида бу йўқотишларнинг қиймати ҳисобга олмас даражада кичик бўлади.

Шунингдек ҳисобга олиш керакки, оптик йўқотишларнинг ёйнинг узунлигига чизиқли боғлиқлиги, ёйнинг бутун узунлигига бир хилда бўлмайди. Масалан, **B** участканинг бошланишидан йўқотишлар сигнал босиб ўтган масофага чизиқли боғлиқ равишда ортиб бориши мумкин. Аммо оптик сигнал маълум масофани босиб ўтгандан кейин эгилиш ҳисобига юз бераётган йўқотишлар йўқолади. Бунинг сабаби шундаки, тўла ички қайтиш ходисасининг бўзилиши таъсир қилган модалар тола букилиши бошланишидаёқ толадан ташқарига сизиб чиқа бошлайди. Ушбу модаларнинг баъзилари тола қобиғида сўниб кетади, баъзилари тола ташқарисига сизиб чиқади. Толада фақат тўла ички қайтиш ходисаси бузилиши таъсир қилмаган модаларгина қолади. Бу модалар эгилган тола бўйлаб тарқалишда давом этади (яъни энди уларда букилиш ҳисобига кўшимча қувват йўқотиши юз бермайди), хаттоки бир неча марта букилишлар юзага келганда ҳам кўшимча йўқотишлар ҳосил бўлмайди. Эндиликда толанинг эгилган ёй участкасини 180° деб ҳисоблаймиз.

Тола букилишидаги оптик қувват йўқотилиши ва қувватни ажратиш олиниш жараёнини янада чуқурроқ тадқиқ қилиш учун лаборатория шароитида ушбу жараённи тадқиқоти амалга

оширилади ва мос боғлиқлик аниқланади. Ушбу тадқиқот иши куйидаги 3-расмда келтирилган схема бўйича амалга оширилади.

Дастлаб тададқиқот учун мос бўлган ички диаметри 50мкм, қобик диаметри 125 мкм ва ташқи химоя қопламаси билан диаметри 600 мкм бўлган 10 м узунликдаги оптик тола (3) танлаб олинди. Толанинг ҳар икки охири коннекторга эга. Толага лазер диодли оптик узатиш модули ёрдамида 1.55 мкм тўлқин узунлигига эга бўлган қуввати 500-1000мкВт оралиғида ўзгариб турувчи оптик нурланиш киритилади.



3-расм. Тажриба учун стенд ва унинг асосий элементлари

Тажриба ўтказилаётган оптик тола чиқишидаги оптик сигнални таҳлил қилиш учун «РЕЙС-750» маркали оптик қувват ўлчаш асбобидан фойдаланилади. Ушбу асбобнинг ўлчаш хатолиги 0.1%. Ушбу ўлчаш асбобида германийли фотодетектор қўлланилганлиги сабабли унинг ёрдамида 1.3 мкм дан 1.55 мкм гача бўлган тўлқин узунликдаги оптик сигналларнинг қувватини ўлчаш мумкин. Ўлчаш қийматлари милливатт ёки dВда акс этиши мумкин.

Юқорида санаб ўтилган оптик узатиш модули, оптик тола ва оптик ўлчаш воситасидан ташкил топган оптик толали тракт ҳосил қилинган, тажриба ўтказиш мақсадида стентдан фойдаланиш мумкин. Махсус стент турли радиусга эга эталон цилиндрлардан (1), толани маҳкамлаш элементи (2) дан иборат. Толани маҳкамлагич ёрдамида толани эталон радиусли цилиндрларга мос радиусда эгиш мумкин. Тола бўйлаб оптик сигнални узатишдаги қувват йўқотишларининг тола эгилиш радиусига боғлиқлигини ўрганиш учун икки марта ўлчашларини олиб борилади. Биринчи, тола маҳкамлагичга маҳкамланмаган, яъни тола букилмаган ҳолда, сўнгра толани эгамиз ва уни маҳкамлагич билан штативга маҳкамлаймиз.

Мазкур тадқиқот ишини амалга ошириш учун ўн хил радиусли эталон цилиндрлардан фойдаланилади. Шуни ҳисобга олиш керакки, толани бирор цилиндр ёрдамида эгилганда, толанинг эгилиш радиуси мазкур цилиндрининг эталон радиусига тенг бўлмайди, балки толанинг ташқи химоя қатлами мавжудлиги сабаб, толанинг химоя қобиги билан биргаликдаги диаметрининг ярмига тенг микдорда катта бўлади. Ушбу ҳолатда тола эгилиш радиуси эталон радиусдан 300 мкм га катта бўлади.

Ҳар бир эталон радиусли цилиндр учун ўн марта ўлчаш ўтказилади ва ҳар бир эталон радиусга мос оптик йўқотиш коэффициенти ўртача квадратик яқинлашиш методи орқали аниқланади. Экспериментал ўлчаш натижалари куйидаги 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал.

Экспериментал ўлчаш натижалари

R=2.1		R=2.2		R=2.3		R=2.4		R=2.5		R=2.6		R=2.7		R=2.8	
P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт	P_k , мВт	P_q , мВт
890	637	900	736	562	483	897	770	905	815	551	526	578	551	551	526
891	674	908	752	576	487	891	743	894	784	511	500	594	580	511	500
880	641	890	722	546	437	894	775	890	795	518	498	570	564	518	498
894	661	900	784	506	420	892	750	893	805	558	523	566	551	558	523
891	648	910	770	480	431	896	784	896	816	560	528	566	562	560	528
889	667	905	785	483	431	900	774	892	763	561	538	530	500	561	538
894	614	893	707	502	435	895	767	894	813	562	523	535	531	562	523
886	604	902	720	471	422	892	775	897	816	551	516	522	515	551	516
882	622	890	702	486	424	900	785	894	786	546	507	549	545	546	507
892	580	894	714	509	415	892	791	891	788	571	514	547	536	571	514

Юқорида келтирилган жадвалдаги экспериментал маълумотларни ҳар бир эталон радиусли цилиндр учун ўртача оптик йўқотиш

коэффициентини ҳисоблаймиз ва уни куйидаги жадвалга киритамиз.

$$a = \frac{P_k - P_q}{P_k} \quad (7)$$

2-жадвал.

Тола оптик йўқотиш коэффициентини эгилиш радиусига боғлиқлиги

Радиус r, мм	a, оптик йўқотиш коэффициенти
2,1	0,286
2,2	0,178
2,3	0,142

2,3	0,138
2,3	0,108
2,3	0,057
2,3	0,022
2,3	0,017

Олинган экспериментал натижаларни ҳисоблашлар натижасида турли эталон радиусларга эгилишдаги оптик йўқотиш коэффициентини

қийматларини эгилиш радиусига боғлиқлик қонуниятини аниқлаш лозим:



4-расм. Тола оптик йўқотиш коэффициентининг унинг эгилиш радиусига боғлиқлигини экспериментал тадқиқи натижасидаги график ва унинг логорифмик апроксимацияси

4-расмда акс этганидек, кўк рангли йўғончилик орқали тола оптик йўқотиш коэффициентининг унинг эгилиш радиусига боғлиқлигини экспериментал тадқиқи натижасида олинган график, унинг логорифмик апроксимацияси эса қора чизик билан тасвирланган. Демак, олинган логорифмик апроксимациянинг аналитик ифодасини аниқлаш мумкун:

$$a = -0,125 \ln(r) + 0,2838 \quad (8)$$

Ушбу олинган формула ёрдамида мазкур тола учун оптик йўқотиш (сўниш) коэффициентининг оптимал қийматини аниқлаш мақсадида фойдаланиш мумкун.

Такидланганидек, оптик толали алоқа линияларида рухсатсиз киришлар амалга оширилганда тола букилганда, букилиш соҳасида йўқотилган оптик қувват P_i ни тўлиқ рухсатсиз уланувчининг фотодетекторига киритиш имконсиз. Яъни рухсатсиз уланувчи фотодетекторига киритилаётган оптик қувват $P_{фк}$ йўқотилган оптик қувватнинг маълум бир улушини ташкил қилади. Бу рухсатсиз уланиш қурилмасининг конструктив ечимига ва қўлланилган элементларига боғлиқ бўлган алоқа коэффициенти K_a га боғлиқ. Масалан, толадан ажратиб чиқарилган (йўқотилган) оптик қувватни максимал даражада ўзининг фотодетекторига киритиш мақсадида, рухсатсиз уланувчи қурилмасида линзали тизимлардан фойдаланади. Бу қурилмада шунингдек синдириш

кўрсаткичи қиймати тола қобиғи синдириш кўрсаткичи қийматидан катта бўлган суюқлик қўлланилади. Бундай усулда алоқа коэффициенти тақрибан 0,1 қиймат қабул қилади.

Демак юқорида экспериментал тажриба натижасида олинган логорифмик формула ёрдамида тола букилган участкасида йўқотилиш мумкун бўлган оптик қувватнинг қийматини аниқлаш мумкун.

ТОАЛ га рухсатсиз уланишни амалга оширувчи ўз фаолиятини муваффақиятли амалга ошириши учун зарур бўлган толани оптимал эгиш радиусини аниқлаш учун аввало, рухсатсиз уланувчи ахборотни қайта тиклашда минимал хатоликка ва сизилиб қолмасликка эриша олидаган қувватни аниқлаш лозим. Бу оптик қувват рухсатсиз уланувчининг фотодетекторига киривчи қувватга мос бўлади. Шунга мос равишда алоқа коэффициенти орқали толадан ажратилиб чиқарилаётган (йўқотилаётган) оптик қувватни аниқлаш мумкун, яъни:

$$P_i = P_{фк} / K_a \quad (9)$$

Бундай оптик йўқотишга эришиш учун толани оптимал оптик йўқотиш коэффициенти қандай қийматга эга бўлишини аниқлаш мумкун. Сўнгра (8) формуладан бундай оптимал йўқотиш коэффициенти эришиш учун толани қандай оптимал радиусга эгиш лозимлигини аниқлай мумкун, яъни:

$$r_o = e^{(2,27-8 \cdot a)} \quad (10)$$

Демак (10) формула ёрдамида юқорида тажриба учун танлаб олинган оптик тола учун оптимал буқиш радиусини аниқлаш мумкин. Яъни мазкур толани оптик кабеллардан ташкил топган ТОАЛ га рухсатсиз уланишда толани шундай оптимал буқиш радиусига буқилганда, рухсатсиз уланиш самарадорлиги юқори ва аниқланиб қолиш даражаси паст бўлади.

Хулоса

Демак бундай тизимларда толани r_o радиусга буқиш имкониятини чеклаш лозим. Яъни толани оптик алоқа тизимларининг оптик кабелли алоқа линияларида кабел тизимларини диомий назоратда сақлаш, кабел химоя қатламларини бузилишини олидни олиш лозим. Оптик кабелларни уланиш муфталарида, тарқатиш крослариди толаларга рухсатсиз шахсларнинг уланишларини олдини олиш лозим.

Адабиётлар

1. G.P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", *John Wiley & Sons, 1997*.
2. Шубин, В. В. Информационная безопасность волоконно-оптических систем : монография / Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ экспериментальной физики, В. В. Шубин .— Саров : Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, 2015 .— 258 с

УДК 621.391.25

И. А. Гаврилов, Х. Х. Носиров

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСРЕДНЕНИЯ ПИКсельНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

В статье рассматривается метрика объективной оценки качества компрессированных телевизионных изображений на основе сумм ошибок предсказаний значений пикселей исходного и декодированного изображения. Приводятся результаты экспериментальных результатов обработки тестовых изображений предложенной метрикой и СКО.

Ключевые слова: изображение, компрессия видеоданных, визуальное качество, методы оценки качества изображений, СКО, PSNR.

При оцифровке телевизионного сигнала выходной поток видеоданных может достигать 216-240 Мбит/с в системах стандартной четкости и более 800 Мбит/с в системах высокой четкости, что значительно превосходит пропускную способность каналов передачи в цифровом телевидении [1]. Поэтому для согласования параметров сигналов и каналов передачи, применяют различные методы сжатия видеoinформации, основанные на устранении различных типов избыточной или

3. M.P. Fok, Z. Wang, Y. Deng, P.R. Prucnal, Optical layer security in fiber-optic networks, *IEEE Trans. Inf. Secur. Forensics* 6 (3) (2011) 712–726.
4. P.R. Prucnal, B. Wu, B.J. Shasti, "Secure communication in fiber-optic networks", in: *Emerging Trends in ICT Security*, Elsevier, 2014.
5. Персоник С.Д. "Проектирование приемников для систем с волоконными световодами". ТИИЭР. 1977. Т. 65, №12.
6. Уайндер С. "Справочник по технологиям и средствам связи". Перевод с англ. М.: «Мир», 2000
7. Яковлев А.В. "Волоконно-оптическая система передачи конфиденциальной информации". «Электросвязь», 1994, №10
8. Яковлев В.А, Комашинский В.В. "Исследование способа маскирования сигналов в волоконно-оптических линиях связи". «Проблемы информационной безопасности», 2001, №2.

Рахимов Бахтиёржон Нейматович –техника фанлари доктори, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети "Теле-радиоэшиттириш тизимлари" кафедраси доценти.

E-mail: b.rahimov@tuit.uz

Тургунов Бекзод Адивоситович - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фаргона филиали "Телекоммуникация инжиниринги" кафедраси катта ўқитувчиси, мустақил тадқиқотчи.

E-mail: forish2009@mail.ru