

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,  
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԾԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ  
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՍՏԵՓԱՆ ԿԱՐԵՆԻ ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ՃՇԳՐԻՏ ԼՈՒՍԱՀԵՌԱԶԱՓԵՐԻ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ  
ՈՒՂԻՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ, ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ ԵՎ ՍԱՐՔԻ  
ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄԸ

Ե.23.06 - «Գեոդեզիա, ներառյալ քարտեզագրություն և կադաստր»  
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ 2022

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И  
СПОРТА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И  
СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

ПЕТРОСЯН СТЕПАН КАРЕНОВИЧ

ИЗУЧЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ  
ВЫСОКОТОЧНЫХ СВЕТОДАЛЬНОМЕРОВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРИБОРА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.23.06 - «Геодезия, включая картографию и кадастр»

ЕРЕВАН – 2022

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

**Գիտական ղեկավար՝**

տեխ. գիտ. դոկտոր

Հ.Ս. Պետրոսյան

**Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝**

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Պ.Ս. Էֆենդյան

Ֆիզ. մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Ա.Ս. Սեդրակյան

**Առաջատար կազմակերպություն՝**

Ինստիտուտ ՀՀ ԳԱԱ

Ֆիզիկական Հետազոտությունների

Պաշտպանությունը կայանալու է 2022 թ. հունիսի 21-ին, ժամը 14:00-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանին կից գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Շինարարություն» 030 մասնագիտական խորհրդում: Հասցե՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փող. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում:

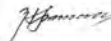
Հասցե՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փող. 17/1:

Սեղմագրին կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի պաշտոնական կայքում՝ [www.nuaca.am](http://www.nuaca.am):

Սեղմագիրն առաքված է 2022 թ. մայիսի 10-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

 Է. Հ. Խաչատրյան

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении.

**Научный руководитель:**

доктор. техн. наук

Петросян О.С.

**Официальные оппоненты:**

доктор техн. наук, профессор

Эфендян П.С.

канд. физ. мат. наук, доцент

Седракян А.М

**Ведущая организация:** Институт Физических Исследований НАН РА

Защита диссертации состоится 21-го июня 2022 г. в 14:00 часов на заседании специализированного совета 030 «Строительство» ВАК РА, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении по адресу 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.


С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НУАСА по адресу: 0079, г. Ереван, ул. Марра, 17/1.

С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте НУАСА:

[www.nuaca.am](http://www.nuaca.am)

Автореферат разослан 10-го мая 2022 г.

Ученый секретарь специализированного совета,  
доктор техн. наук, профессор

 Хачатрян Э.А.

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

**Թեմայի արդիականությունը:** Ժամանակակից գեոդեզիայում առաջադրվում են այնպիսի խնդիրներ, որոնց լուծման համար պահանջվում է անընդհատ կատարելագործել գոյություն ունեցող ճշգրիտ չափիչ սարքերը՝ չափման բարձր ճշգրտություն ապահովելու նպատակով (օրինակ՝ 0,03...0,05 մմ գործիքային սխալանքի ապահովում): Գեոդեզիայի բնագավառում ձևավորվել է նոր ուղղություն՝ սեյսմիկ գեոդեզիա, որի հիմնական խնդիրներից մեկը երկրակեղևի շարժման գնահատումն է՝ սեյսմիկ գոտիներում երկրաշարժերը կանխագուշակելու համար: Ըստ խոշորագույն հետազոտողների՝ երկրաշարժի կանխագուշակման գեոդեզիական եղանակն ամենաարդյունավետն է: Այն կարելի է ներդնել և զարգացնել գերճշգրիտ գծային չափիչ միջոցների առկայության դեպքում, քանի որ հորիզոնական դեֆորմացիաները պահանջվում է որոշել  $10^{-7}$  ճշտությամբ:

Գեոդեզիայում առաջնային խնդիրներից է համարվում գծային չափիչ միջոցների ատեստավորումը երկարության միավորը էտալոնից աշխատանքային միջոցներին փոխանցելով, որն իրականացվում է հետևյալ սխեմայով. պետական էտալոն – օրինակելի գեոդեզիական ձողեր – լաբորատորային կոմպարատոր – բազիսային ինվարային լարեր – 0...3 կարգի բազիս – աշխատանքային միջոցներ:

Նորմատիվային փաստաթղթերում արբանյակային ընդունիչների մետրոլոգիական ատեստավորման միասնական մեթոդիկա առայժմ ամրագրված չէ: Ուստի պոլիգոնների, բազիսների էտալոնային գեոդեզիական ցանցերի ստեղծումը և կատարելագործումը տարբեր նշանակության ու ճշտության դասի գեոդեզիական արբանյակային սարքավորումների մետրոլոգիական ատեստավորման և ստուգման համար, ինչպես նաև մետրոլոգիական վերահսկողության անցկացման և ստացված տվյալների մշակման մեթոդիկայի մշակումը արդիական գիտական գործնական խնդիր է:

**Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:** Աշխատանքի նպատակն է առաջադրված գեոդեզիական խնդիրները լուծելու համար մշակել և հետազոտել գերճշգրիտ լուսահեռաչափ: Այդ նպատակով անհրաժեշտ է կատարելագործել գծային չափման մեթոդը՝ անցում կատարելով երկֆազային մեթոդին, որպեսզի բարձրացնենք ֆազային մնացորդի որոշման ճշտությունը՝ հասցնելով  $m_{\varphi}=0,02...0,03$  մմ: Դրա համար անհրաժեշտ է եղել լուծել հետևյալ խնդիրները.

- կատարել գոյություն ունեցող ճշգրիտ հեռաչափերի համեմատական վերլուծություն, ի հայտ բերել հիմնական թերությունները և նշել հեռանկարային որոշումները,

- կատարելագործել լույսի մոդեմը՝ երկֆազային մեթոդին անցում կատարելու համար,

- մշակել լույսի մոդուլյացիայի-դեմոդուլյացիայի առանձնացված կապուղիներով լույսի մոդեմ, որը կօգտագործվի որպես օպտիկական հապաղման գիծ (ՕՀԳ):

**Աշխատանքի գիտական նորույթը:**

1. Մշակվել է գերճշգրիտ լազերային հեռաչափ, որի սկզբունքային սխեմայի հիմքում գծային չափման մոդուլյացիոն եղանակի երկֆազային մեթոդն է, որն ապահովում է ֆազային մնացորդի որոշման 2...3 անգամ ավելի բարձր ճշտություն, ինչպես նաև տեղի է ունենում օպտիկական հապաղման գծի երկարության փոքրացում երկու անգամ:

2. Լուսահեռաչափի ֆունկցիոնալ սխեմայի ընտրության համար տեսականորեն հիմնավորված են մոդուլյացիոն եղանակի մեթոդները և կատարված է այդ մեթոդների համեմատական վերլուծություն, ինչի արդյունքում տրված է երկֆազային մեթոդի գնահատականը զրոյական կոմպենսացիոն մեթոդի համեմատ:

3. Որոշվել է լույսի մոդեմի էլեկտրաօպտիկական բյուրեղի օպտիմալ երկարությունը:

4. Կատարելագործվել է 1200 ՄՀց հաճախությամբ մասշտաբային տատանումների գեներատորը, որն ապահովում է  $10^{-7}$  հաճախականության կայունություն և 150...160 Վտ հզորությամբ ելքային իմպուլսային ազդանշան: Որպես առաջադրող գեներատոր՝ 10 ՄՀց-ի փոխարեն օգտագործվել է ԴԿ-87 ԿԿ տիպի թերմոկայունացված 600 ՄՀց հաճախության կվարցային գեներատորը, որը նվազեցրել է հաճախականության բազմապատկման կասկադների թիվը և հանգեցրել ելքային՝ առանց հարմոնիկաների ազդանշանի ձևավորման:

**Հետազոտությունների մեթոդները:** Ներկայումս գործող գերբարձր հաճախականության (ԳԲՀ) տիրույթում կատարվել է լազերային գծային չափիչ համակարգերի վերլուծություն: Վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել, որ գծային չափման լազերային համակարգերում չափման հեռավորությունն ու ճշտությունը բարձրացնելու նպատակով անհրաժեշտ է անցում կատարել գծային չափման նոր մեթոդների, ինչպիսիք են մոդուլման ավելի փոքր հզորությամբ երկֆազային մեթոդը և գծային կոմպենսացիոն մեթոդը, որոնք լույսի էլեկտրաօպտիկական մոդուլյացիայի-դեմոդուլյացիայի ժամանակ հանգեցնում են ոչ գծային աղավաղումների և մոդուլացված ալիքի ճակատում ֆազային շեղումների բացառման:

Տեսական հետազոտություններում ներառված է գծային չափման մոդուլյացիոն եղանակի տարբեր մեթոդների համեմատական վերլուծություն:

Փորձնական հետազոտություններն ուղղված են հեռաչափի ֆազային մնացորդի սխալի որոշմանը, ուղիղ և հակադարձ չափումների արդյունքների համեմատությանը՝ հեռաչափի տեղադրման թույլատրելի շեղումները գնահատելու նպատակով:

Աշխատանքում առանձնահատուկ տեղ է գրավում սարքի հաստատունի որոշումը: Դա կատարվում է ինքնատեստավորման մեթոդով, ինչն իրականացվում է մեկ ուղու վրա տեղադրված տարբեր հատվածների որոշման միջոցով: Այս դեպքում որպես մասշտաբ ընդունվում է բարձր՝  $10^{-7}$  կայունությամբ լույսի մոդուլյացիոն ալիքի երկարությունը:

**Աշխատանքի գործնական նշանակությունը և հնարավոր ներդրումը:**

Գծային չափման սարքերը, որոնց ճշտությունը գնահատվում է մմ-ի տասնորդական մասերով, միջազգային շուկայում եզակի են: Դրանց միակ մրցակիցը Մեկոմետր ME-3000-ն է՝ մշակված Անգլիայի ազգային ֆիզիկական լաբորատորիայում: Սրա հետագա կատարելագործված տարբերակը Գեոմետր GR-204-ն է, որի չափման ճշտությունը, ըստ Com-Rad արտադրող ֆիրմայի, նույն կարգի մեծություն է՝ 0,25...0,3 մմ:

Մշակվող լազերային հեռաչափը նախատեսված է հետևյալ աշխատանքների համար.

- լիցքավորված մասնիկների արագացուցիչներում՝ գերճշգրիտ գծային չափումների և դեֆորմացիաների որոշման համար, օպտիկական և ռադիոտելեակոպիների մոնտաժի և կարգաբերման ժամանակ, խոշոր մեքենաշինության մեջ (ինքնաթիռաշինություն, նավաշինություն), հիդրոտեխնիկական կառուցվածքներում՝ դեֆորմացիաների որոշման համար,

- սեյսմիկ ակտիվ գոտիներում և խզման ակտիվ գծերում երկրակեղևի տեղաշարժերի գեոդեզիական մեթոդներով հետազոտման համար՝ երկրաշարժերի կանխատեսման նպատակով, գեոդեզիական բարձր դասի, օրինակ՝ «0» դասի ցանցեր ստեղծելու համար, կոմպարատորներում՝ որպես միջանկյալ օղակ երկարության միավորի փոխանցման համար:

**Պաշտպանության է ներկառավում**

«Ճշգրիտ լուսահեռաչափերի ճշտության բարձրացման ուղիների ուսումնասիրումը, հիմնավորումը և սարքի ավտոմատացումը» թեմայով ատենախոսությունը՝ բաղկացած երեք գլխից, որոնցում ներկայացված են՝

- ժամանակակից բարձր ճշտության լուսահեռաչափերի աշխատանքի կարգը, ճշտության աստիճանը և կառուցվածքային թերությունները,

- մոդուլյացիոն եղանակների վերլուծությունը, համեմատությունը և տեսական հիմնավորումը,

- երկֆազային կոմպենսացիոն չափման մեթոդի անցումը, սարքի չափման ճշտության և լույսի մոդեմի բարորակության բարձրացման, մոդուլյացիոն հզորության և հաճախության նվազեցման ուղիները,

- օպտիկական հանգույցների ճշտադրման և այլ գործոնների ազդեցությունը լուսահեռաչափի չափման ճշտության վրա,

- լուսահեռաչափի չափման տվյալների համեմատությունը էսալոնային միջոցների հետ:

**Տրատարակված աշխատանքները, զեկուզները:**

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրապարակված են 9 գիտական հոդվածներում և մեկ

արտոնագրում: Ուսումնասիրությունների արդյունքների վերաբերյալ զեկույցներ են ներկայացվել ինժեներական գեոդեզիայի ամբիոնի նիստերում, ամենամյա միջազգային գիտաժողովում (2021 թ.):

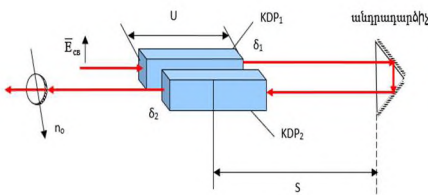
**Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսության շարադրանքը կազմում է 148 համակարգչային էջ: Աշխատանքը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլխից, եզրակացություններից և առաջարկություններից, 83 անուն օգտագործված գրականության ցանկից, ներառում է 13 աղյուսակ և 49 նկար:

### ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱՎՈՒԹՅՈՒՆԸ

**Առաջին գլխում** կատարվել են ժամանակակից բարձր ճշտության լուսահեռաչափերի դասակարգում և ուսումնասիրություններ, մասնավորապես դիտարկվել են ինտերֆերենցիոն և ֆազային լուսահեռաչափերը, դրանց աշխատանքի սկզբունքը և ընդհանրացված սխեմաները: Նկարագրվել են ֆազային լուսահեռաչափերի չափման եղանակները. աղբյուրից ճառագայթվող անընդհատ լույսի հոսքն անցկացվում է մոդուլյատորով, որը դեկավարվում է բավական բարձր ստաբիլ հաճախությամբ գեներատորի լարման միջոցով և մոդուլացնում է լույսը: Լուսահեռաչափերում կիրառվում է երկու տեսակի լույսի մոդուլյացիա՝ բևեռացման և ամպլիտուդային:

Նկարագրվել են լուսահեռաչափ սարքի հաստատունի որոշման եղանակները օպտիկական սեղանի միջոցով, հայտնի երկարություն ունեցող զծի չափմամբ (էտալոնային բազիս), զծի վրա տեղադրված հատվածների չափման եղանակով:

Ուսումնասիրվել է ժամանակակից հայտնի բարձր ճշտության Մեկոմետր ME-3000, Գեոմետր GR-204, ԴՅՇԴ-1200 լուսահեռաչափերի աշխատանքի կարգը, դուրս են բերվել կառուցվածքային և աշխատանքային առավելություններն ու թերությունները:



Նկ. 1. Կոմպենսացիոն մեթոդի սխեման միանման կողմնորոշված KDP բյուրեղների վրա

### Երկրորդ գլխում

նկարագրվել են մոդուլյացիոն եղանակները և տրվել են դրանց տեսական հիմնավորումները, ինչպես նաև ֆլուկտուացիոն երևույթների ազդեցությունը զծային չափումների վրա.

1. կոմպենսացիոն մեթոդ  $\Psi U_1$ , երբ լույսի մոդուլյացիա-դեմոդուլյացիան իրականացվում է մեկ բյուրեղում,
2. կոմպենսացիոն մեթոդ  $\Psi U_2$ , երբ լույսի մոդուլյացիա-

դեմոդուլյացիան իրականացվում է երկու բյուրեղում, որոնցից մեկը  $90^\circ$ -ով պտտված է իր Z օպտիկական առանցքի շուրջը,

3. երկֆազային կոմպենսացիոն մեթոդ,

4. գծային կոմպենսացիոն մեթոդ, անցում Բեսսելի առաջին կարգի  $J_1(x)$  ֆունկցիային:

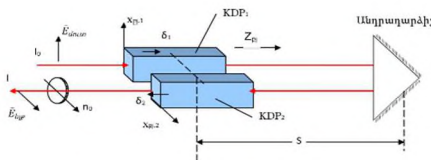
ԿՄ<sub>1</sub> կոմպենսացիոն մեթոդի սխեման մեկ կամ երկու միանման կողմնորոշված բյուրեղների վրա ներկայացված է **Նկ. 1-ում**:

Լույսի հարաբերական ինտենսիվությունը կոմպենսացիոն մեթոդի ժամանակ անալիզատորի ելքում հետևյալն է՝

$$\bar{I}/I_0 = \frac{1}{2} \left[ 1 - J_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \cos \frac{2\pi D}{\lambda_d} \right) \right], \quad (1)$$

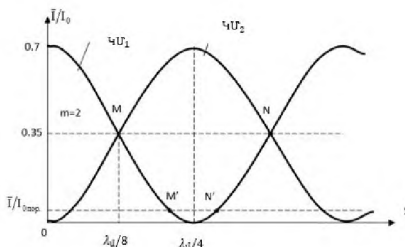
$$S = N \cdot \frac{\lambda_d}{2} + \frac{\lambda_d}{4} + \ell + K, \quad (2)$$

որտեղ N-ը կիսաալիքների քանակն է D հեռավորությունում,  $\ell$ -ը ՕՀԳ-ի տեղաշարժի մեծության, ֆազային մնացորդի արժեքն է, K-ն սարքի հաստատունն է,  $\lambda_d$ -ը՝ մոդուլյացիայի ալիքի երկարությունը,  $J_0$ -ն՝ 0 կարգի Բեսսելի ֆունկցիան:



Նկ. 2. Կոմպենսացիոն մեթոդի սխեման 2 բյուրեղների վրա

դիրքը  $\lambda_d/4$ -ի մեծությամբ: Դրա հիմքի վրա առաջարկվել է հեռավորության չափման նոր երկֆազային մեթոդ, որը հանգեցնում է ընդունվող կետերի ֆիքսման նոր սկզբունքի՝ տեղափոխելով գրանցումը դեմոդուլյացիոն կորի միջին հատված, ինչպես ցույց է տրված **Նկ. 3-ում**:



Նկ. 3. ԿՄ<sub>1</sub> և ԿՄ<sub>2</sub> կոմպենսացիոն մեթոդների համարեղումը

է երկու  $\lambda/2$  ֆազային թիթեղների կիրառումը, որոնցից մեկը դրվում է մոդուլացված լույսից հետո, երկրորդը՝ դեմոդուլյատորից հետո (**Նկ. 4**):

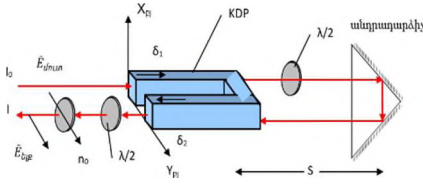
Երկֆազային եղանակն առայժմ մոդուլյացիոն սկզբունքի կիրառման ոչ կատարյալ տարբերակ է, որի հիմնական թերությունները հետևյալն են.

ԿՄ<sub>2</sub> կոմպենսացիոն մեթոդի սխեման երկու KDP բյուրեղների վրա, որոնցից մեկը 90°-ով շրջված է օպտիկական Z առանցքի շուրջը (**Նկ. 2**):

Բյուրեղի 90°-ով պտույտն իր օպտիկական Z առանցքի շուրջը տեղաշարժում է դեմոդուլացված լույսի մինիմումի

Տեսնիկական տեսանկյունից բավական դժվար խնդիր է մոդեմի բյուրեղներից մեկի պտույտն իրականացնելը: Ելնելով նրանից, որ արդյունքում տարբերություն չկա, թե ինչպես են ձևավորվում երկֆազային օպտիկական ազդանշանները՝ բյուրեղի, թե լույսի բևեռացվածության ուղղության պտույտով, նպատակահարմար

1. լրացուցիչ տարրերի՝ պատվող ֆազային թիթեղների առկայություն,



Նկ. 4. Երկֆազային մեթոդի սխեման  $\lambda/2$  ֆազային թիթեղների վրա

2. լույսի մոդուլյացիայի բարձր հաճախականության մեծ հզորություն,

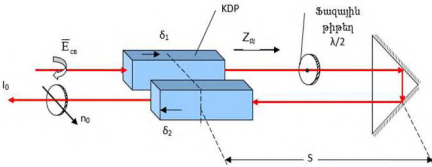
3. Ոչ գծային աղավաղումներ՝ մոտավորապես 30%, ինչը ֆազային չափումների ժամանակ պարբերաբար հանգեցնում է սխալների,

4. ՖԷԲ-ի հոսանքի հաստատուն բաղադրիչի առանձնացումը և ընդունիչ ազդանշանի

միջին արժեքի գրանցումը,

5. ՖԷԲ-ի հոսանքի հաստատուն բաղադրիչի ուժեղացման ժամանակ ազդանշան/աղմուկ հարաբերության ոչ մեծ արժեքը:

Նշված թերությունները կարելի է վերացնել՝ տեղափոխվելով լույսի մոդուլյացիոն բնութագրի ԼՄԲ-ի միջին գծային տեղամաս: Տվյալ փուլում այդ անցումը կարելի է իրականացնել տարբեր ուղիներով, օրինակ՝ կիրառելով շրջանաձև բևեռացված լույս: Թեև այս սկզբունքով լուսահեռաչափի կառուցումն առայժմ դժվար է, քանի որ պետք է անցնել մոդուլացված լույսի ֆոտոհետերոդինային ընդունման, սակայն տվյալ մեթոդի տեսական հիմքերի և առանձնա-հատկությունների ուսումնասիրումն անհրաժեշտ է:



Նկ. 5. Լույսի մոդուլյացիայի-դեմոդուլյացիայի սխեման շրջանաձև բևեռացված լույսի դեպքում

Մոդուլյացիոն սկզբունքի վերլուծության առավել ընդհանուր սխեման ներկայացված է **Նկ. 5-ում**:

Այնուհետև գերճշգրիտ լազերային հեռաչափի օպտիմալ կառուցվածքային սխեման որոշելու համար այս հիմնական

մեթոդները համեմատվել են: Դրանք են.

1. *Ջրոյական կոմպենսացիոն մեթոդ (ՋԿՄ)*. կիրառվում է լույսի սովորական մոդուլյացիայի-դեմոդուլյացիայի դեպքում, երբ փակ անալիզատորի ելքում լույսի մոդուլման ժամանակահատվածի ընթացքում, որպես միջինացված արժեք, ձևավորվում է լույսի հաստատուն բաղադրիչ: Այս սկզբունքով կառուցված գծային չափման միջոցների (ՃԵԿԴ-1200, ԵԿԴ-600) ֆազային սխալանքը գնահատվում է  $m_{\phi} = 0,25 \dots 0,4$  մմ, 150...160 վտ  $P_{\phi}$  մոդուլման հզորության պայմաններում:

2. *Լույսի միներումի փեղափոխում (ԼՄՏ)*, իրականացվում է մոդուլման հաճախականության ոչ մեծ շեղման միջոցով, որի արդյունքում ընդունվող



լույսի նվազագույն արժեքի դիրքը պարբերաբար տեղափոխվում է, և գրանցվում է շեղման իմպուլսի ամպլիտուդների հավասարության դիրքը: Այս սկզբունքով աշխատում են Մեկոմետր տիպի ME-5000 և Գեոմետր GR-204 գծային չափիչ սարքերը, որոնց ֆազային սխալանքը գտնվում է  $m_\varphi=0,15\dots0,25$  մմ սահմաններում:

3. *Երկֆազային կոմպենսացիոն մեթոդ (ԵԿՄ)*, հնարավոր է իրականացնել տարբեր ճանապարհներով, որոնք հիմնված են լույսի միևնույնի շեղման վրա մոդուլման ավիքի քառորդ երկարության  $\lambda/4$ -ի չափով: Այս մեթոդի դեպքում չափման սխալանքը գնահատվում է  $m_\varphi=0,05$  մմ, մոդուլման ԳԲՀ հզորությունը  $P_{\text{գ}}$ , 120 Վտ-ի կարգի մեծություն է:

4. *Գծային կոմպենսացիոն մեթոդ (ԳԿՄ)*, այս մեթոդի կիրառման դեպքում լույսի մոդուլացիան-դեմոդուլացիան իրականացվում է մոդուլատորի աշխատանքային կետը դեպի լույսի մոդուլացիոն բնութագրի (ԼՄԲ) միջին գծային տեղամաս տեղափոխելու միջոցով: Այս դեպքում գրանցվում է լույսի փոփոխական բաղադրիչը:

Եթե նշված մեթոդների դեպքում ունենք լույսի նույն  $I_0$  ինտենսիվությունը և մոդուլված լույսում նույն  $\gamma$  կորուստները, ապա թեքությունների հարաբերությունները տարբեր մեթոդների դեպքում ունենում են հետևյալ արդյունքը.

1. ԵԿՄ մեթոդի համեմատությամբ.

$$S/S_{\text{գ}} = 4\beta U/U_\pi / \sqrt{2}\beta J_1(2,4) U/U_\pi$$

ա) մոդուլատորի վրա միևնույն լարման դեպքում՝

$$S/S_{\text{գ}} = 4\beta / \sqrt{2}\beta J_1(2,4) = 4 / \sqrt{2} \cdot 0,52 \approx 5,4,$$

բ) յուրաքանչյուր մեթոդի օպտիմալ  $U/U_\pi$  լարման դեպքում՝

$$S/S_{\text{գ}} = 4 \cdot 0,2 / \sqrt{2} \cdot 0,54 \cdot 0,52 \approx 2,$$

2. ԳԿՄ մեթոդի համեմատությամբ՝

$$S/S_{\text{գ}} = 4\beta U/U_\pi / 2\beta U/U_\pi \sin \frac{2\pi D}{\lambda_{\text{գ}}} \cdot J_1(x).$$

ա) մոդուլատորի վրա միևնույն լարման դեպքում՝

$$S/S_{\text{գ}} = 4\beta / 2\beta \cdot 0,99 \cdot 0,04 \approx 2 / 0,04 = 50,$$

բ) յուրաքանչյուր մեթոդի օպտիմալ  $U/U_\pi$  լարման դեպքում՝

$$S/S_{\text{գ}} = 4 \cdot 0,2 / 2 \cdot 0,61 \cdot 0,99 \cdot 0,04 \approx 16:$$

**Երրորդ գլխում** դիտարկվել են լույսի մոդուլացիայի արդյունավետության հետ կապված հարցեր՝ գերճշգրիտ հեռաչափի համար օպտիմալ լույսի մոդուլատորի ընտրության նպատակով: Հաշվարկների միջոցով հիմնավորվել է էլեկտրաօպտիկական բյուրեղների չափերի ազդեցությունը մոդուլացիայի արդյունավետության վրա:

Ցույց է տրված, որ, կախված ռեզոնանսային հաճախականությունից, լույսի մոդուլատորի համար գոյություն ունի բյուրեղի օպտիմալ երկարություն  $l_{\text{օպտ}}$ , որը որոշվում է  $K$  գործակցի առավելագույն արժեքի պայմանով և տեղի է ունենում, երբ  $l_{\text{օպտ}} = \lambda_{\text{գ}} / 5,5n_0$ : Ընդ որում,  $K$  գործակցի ազդեցությունը, որը

հաշվի է առնում բյուրեղով լույսի անցման ժամանակը, հատկապես կարևոր նշանակություն ունի բարձր հաճախականությունների ժամանակ ընդլայնական էլեկտրասպտիկական էֆեկտի դեպքում:

Յուրաքանչյուր ԳԲՀ մոդուլյատորի համար գոյություն ունի օպտիմալ երկարությամբ բյուրեղ, որը որոշվում է  $l_{օպտ} = \lambda_{ս}/5,5n_0$  բանաձևով: Ի մեծության նվազագույն արժեքը պետք է որոշվի՝ ելնելով բյուրեղի մեխանիկական ամրությունից և  $l$  երկարությամբ բյուրեղի միջով նվազագույն դիֆրակցիոն կորուստներով լազերի ճառագայթի անցման հնարավորությունից (1...2 մմ տրամագծով):

Այս պայմաններին  $KDP$  և  $DKDP$  բյուրեղների համար, որոնց օպտիմալ երկարությունները նույնն են 2400, 1200 և 600 ՄՀց հաճախություններում և համապատասխանաբար կազմում են  $l_{օպտ} = 15, 30$  և  $60$  մմ, կարող են բավարարել  $h=2,5, 4$  և  $8$  մմ լայնական չափերը:  $LiNbO_3$  տեսակի բյուրեղների համար նշված հաճախություններում, երբ բյուրեղների օպտիմալ երկարությունը կազմում է  $l_{օպտ} = 10, 20$  և  $40$  մմ, նվազագույն լայնական չափերը կարող են կազմել  $h=2,5, 3$  և  $3,5$  մմ:

Մոդուլյատորների՝ ըստ սպառած հզորությունների մեծությունների համեմատության համար բնութագրիչ մեծություն է հանդիսանում մոդուլյատորի որակը: Աղ. 1-ում ներկայացված են մոդուլյատորի որակի մեծությունները 300...2400 ՄՀց հաճախությունների վրա և լույսի մոդուլյացիոն բնութագրի զրոյական կետի օգտագործման պարագայում 100% մոդուլյացիոն արդյունավետություն ստանալու հզորությունների արժեքները, այսինքն՝  $\Gamma = \pi$ , տարբեր բյուրեղների լայնական հատույթի չափերով և երկարությամբ:

Աղյուսակ 1

*g* և *P* հաճախականության կախվածությունը լույսի մոդուլյացիոն բյուրեղի չափերից

<i>f, ՄՀց</i>	<i>KDP</i>				<i>LiNbO<sub>3</sub></i>			
	<i>h, սմ</i>	<i>l, սմ</i>	<i>g · 10<sup>2</sup> նաղ<sup>2</sup>/Վլր</i>	<i>P<sub>π</sub>, Վլր</i>	<i>h, սմ</i>	<i>l, սմ</i>	<i>g · 10<sup>2</sup> նաղ<sup>2</sup>/Վլր</i>	<i>P<sub>π</sub>, Վլր</i>
300	1,2	12	19,8	50	0,40	8	14,4	68,5
	1,2	6	14,4	68,5	0,40	4	10,8	91,4
	1,0	6	20,4	48,4	0,35	4	13,5	73,0
600	1,0	6	7,2	137	0,35	4	5,0	197
	1,0	6	5,4	183	0,35	2	3,3	299
	0,8	3	8,5	116	0,30	2	4,6	214
1200	0,8	3	2,7	365	0,30	0,2	1,7	580
2400	0,6	1,5	1,2	822	0,25	1	0,6	1645

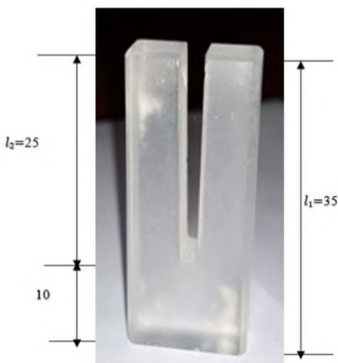
Դիտարկվել են հարցեր՝ կապված մոդուլյացիոն եղանակով աշխատող լազերային հեռաչափի համար էլեկտրասպտիկական էֆեկտի վրա աշխատող լույսի մոդուլյատորի մշակման հետ: Մոդուլման հզորության փոքրացման նպատակով առաջարկվում է մոդուլման հաճախականությունն իջեցնել մինչև 750...800 ՄՀց՝ միաժամանակ բարձրացնելով մոդուլյատորի բարո-

րակությունը մինչև  $Q = 1000$  արժեքը: Ջերմաստիճանից կախված գերճշգրիտ լազերային հեռաչափի ֆազի որոշման սխալի մեծության ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ նպատակահարմար է լույսի մոդուլյատորը կառուցել KDP էլեկտրաօպտիկական բյուրեղի ռադիալ տեղադրմամբ, առանձնացված մոդուլյացիայի և դեմոդուլյացիայի կապուղիներով, ընդ որում, զուգակցված ռեզոնատորների վրա:

Հաճախությունների նվազեցման խնդիրը լուծվում է երկֆազային մեթոդի կիրառմամբ: Այս դեպքում զգալի կերպով փոքրանում է ֆազի որոշման սխալը՝  $m_\varphi$ -ը, և հնարավոր է դառնում փոքրացնել  $f$  հաճախականությունը: Տվյալ փուլում լույսի մոդուլյացիայի երկֆազային մեթոդի կիրառումը հնարավոր է դարձնում հաճախականությունը 1200 ՄՀգ-ից փոքրացնել մինչև 800...1000 ՄՀգ:

800 ՄՀգ-ից ցածր հաճախականությունների վրա համառանցք (կոաքսյալ) ռեզոնատորի չափերը զգալիորեն մեծ են: Դրա հետևանքը լույսի մոդուլյատորի բարորակության փոքրացումն է, ինչը պայմանավորված է էլեկտրաօպտիկական բյուրեղում առկա կորուստներով, բարորակությունը  $Q = 800$  սահմաններում է: 800...1000 ՄՀգ հաճախականությունների վրա ռեզոնատորի չափերը մեծ չեն և մոդուլյատորի բարորակությունը գտնվում է KDP բյուրեղի բարորակության ( $Q_{KDP} = 2000$ ) կեսի սահմաններում,  $Q = 1000$  մոդուլյատորի բարորակությունը որոշվում է (3) արտահայտության միջոցով՝

$$Q_{\text{մ}} = \frac{Q_{\text{բ}} \cdot Q_{\text{ն}}}{Q_{\text{բ}} + Q_{\text{ն}}}; \quad (3)$$



Նկ. 6. KDP բյուրեղի փեքը

Քանի որ կոաքսյալ ռեզոնատորներում  $E_{\text{ռադ}}$  էլեկտրական դաշտի ուժագծերի ուղղությունը կախված չէ  $\Delta$  բացակի մեծությունից, և ըստ լարվածության մեծության էլեկտրական  $E$  դաշտի ռադիալ և աքսյալ բաղադրիչներն իրար հավասար են՝  $E_{\text{ռադ}} = E_{\text{աքս}}$ , իսկ ուժագծերի կոնցենտրացիան աքսյալ ուղղությամբ ավելի մեծ է, ապա նպատակահարմար է լույսի մոդուլյացիայի-դեմոդուլյացիայի համար բյուրեղները տեղադրել ռադիալ: Մոդուլյացիայի նույն արդյունավետության դեպքում ռադիալ տեղադրված բյուրեղն ավելի քիչ է տաքանում, այսինքն՝ ավելի

քիչ ԳԲՀ հզորություն է ծախսում, քան KDP (Նկ. 6) էլեկտրաօպտիկական բյուրեղի աքսյալ տեղադրման դեպքում:

Ներկայացվել են KDP, ADP և LiNbO<sub>3</sub> բյուրեղների վրա գերբարձր հաճախականությամբ լույսի մոդուլյատորների փորձագիտական ուսումնասի-

րությունների արդյունքները: Մշակվել է փորձագիտական ուսումնասիրությունների կատարման սխեման և որոշվել են հուսալի արդյունքներ ստանալու համար փորձերի անցկացման պայմանները: Փորձերի արդյունքները ցույց տվեցին, որ բյուրեղների վրա լույսի մոդուլացմամբ դեմոդուլացմամբ ֆազային լուսահեռաչափերի համար լավագույնն են KDP-ի և ADP-ի վրա կառուցված մոդուլատորները: Բացահայտվեց, որ, չնայած KDP և ADP բյուրեղներով մոդուլատորների նկատմամբ ունեցած առավելություններին, խորհուրդ չի տրվում LiNbO<sub>3</sub> բյուրեղով մոդուլատորներն օգտագործել լուսահեռաչափերում՝ անալիզատորից հետո մնացորդային լույսի առկայության, ինչպես նաև լուսային փնջի լայնական հատույթում ֆազային մեծ շեղումների պատճառով:

Փորձարկման աշխատանքի ընթացքում ստացված արդյունքները ներկայացված են **Աղ. 2-ում**: 1200 ՄՀց և ավելի հաճախությունների վրա դրանք չեն տարբերվում  $P_{\pi}$  հաշվարկային հզորություններից և որոշվում են (4) բանաձևով՝

$$P_{\text{մ}} = \frac{U^2 \cdot G_{\text{մ}}}{2} = \frac{U^2 \cdot \omega_{\text{մ}} \cdot c_{\text{մ}} \cdot t \cdot g \delta}{2} = \frac{U^2 \cdot \omega_{\text{մ}} \cdot c_{\text{մ}}}{2Q_{\text{մ}}} \quad (4)$$

Աղյուսակ 2

*KDP բյուրեղներով մոդուլատորներ*

f(ՄՀց)	$\ell$ , մմ	$h$ , մմ	$d$ , մմ	$D_n$ , մմ	$H_n$ , մմ	$Q_0$	$P_{\pi}$ , Վտ
600	35	10	14	90	115	700	300
600*	35	10	14	90	108	600	350
600**	30	12	14	75	85	600	360
800	30	12	13	75	80	900	250
960	30	7	13	75	80	1000	300
1200	35	10	14	65	64	1000	500
1200	35	5	13	75	45	1000	200
1800	35	5	13	65	62	1000	
2400	35	10	14	55	55	800	

\* կապի հանգույցում կորուստները մեծ են

\*\* հաճախությունը նվազել է ռեզոնատորում դիէլեկտրիկի ներառմամբ

Միջավայրի ջերմաստիճանի ազդեցությունը հզորության P մեծության և մոդուլատորի ռեզոնանսային հաճախության վրա որոշելու նպատակով չափումներն իրականացվել են տարբեր եղանակային պայմաններում: Այդ դեպքում ԳԲՀ գեներատորի ելքային հզորությունը 40 մկվ տևողությամբ իմպուլսում կազմում է 150 Վտ, 10 \* 10 մմ<sup>2</sup> լայնական հատույթի չափերով բյուրեղի վրա միջին հզորությունը չի գերազանցում 0,3 Վտ:

Չափման արդյունքները և անհրաժեշտ մեծությունները ցույց են տվել, որ բյուրեղի վրա 20°C-ով ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է ԳԲՀ հզորության 1,5 անգամ մեծացման:

Կատարվել են լուսահեռաչափի կատարելագործման աշխատանքներ: Կատարելագործման հիմքում ընկած են հետևյալ դրույթները.

1. Լույսի մոդեմի կատարելագործում: Կառուցվել է  $Q = 1000$  սահմանային հնարավոր բարձր բարորակությամբ նոր մոդուլատոր, մոդուլատոր-դեմոդուլատորի ուղիներն առանձնացվել են մեկ բյուրեղի սահմաններում: Ռեզոնանսային հաճախության համալրումն իրականացվում է դիէլեկտրիկներով՝ 180...200 ՄՀց սահմաններում:

2. Մասշտաբային հաճախության գեներատորը կառուցվել է 1200 ՄՀց ֆիքսված հաճախության վրա, հաճախության կայունությունը մեկ շաբաթվա ընթացքում  $1 \cdot 10^{-8}$  կարգի է: Որպես առաջադրող գեներատոր կիրառվում է 600 ՄՀց հաճախության ԴԿ-87 ԿԿ տիպի ջերմակայուն կվարցային գեներատորը:

3. Լուսային իմպուլսների ամպլիտուդների ֆոտոընդունումը և տեսաձրումն էլեկտրաճառագայթային խողովակում ցույց է տալիս ինչպես գեներատորի աշխատանքը (հորմոնիկայի առկայությունը), այնպես էլ չափվող զծի վիճակը (միջավայրի կայծկլտման աստիճանը, բեկման ցուցիչի փոփոխությունը):

4. Ընդունող-հաղորդող օպտիկայի կիրառումն ավելացնում է ընդունվող լույսի ինտենսիվությունը, որը թույլ է տալիս նվազեցնել մոդուլացիայի ԳԲՀ հզորությունը մինչև 60 Վտ, որը իր հերթին հանգեցնում է ընդունվող լույսի ճակատում ֆազայի ցրման փոքրացմանը:

5. Էլեկտրաօպտիկական մոդուլացիայի կոմպենսացիոն եղանակից անցումը երկֆազային մոդուլացիոն մեթոդին երկու ալիքների ձևավորման եղանակով, որոնք շեղված են միմյանց նկատմամբ  $180^\circ$ -ով, լույսի մոդուլատորի և դեմոդուլատորի միջև տեղադրված  $\lambda/2$  ֆազային թիթեղի կիրառման միջոցով:

6. ՕՀԳ-ի կառուցում լույսի մոդեմի տեղափոխման միջոցով, որի դիրքը որոշվում է էլեկտրոնային բլուկի օգնությամբ  $\pm 3$  մկմ սխալանքի չափով:

Ուսումնասիրվել են գերճշգրիտ լուսահեռաչափի չափման ճշտության վրա ազդող միջավայրի գործոնները: Դիտարկվել են լույսի հոսքի անցման ճանապարհին առկա տարրերի բեկման ցուցիչների, թեք զծի երկարության չափման ճշտության վրա ազդող գործոնների, միջավայրի ջերմաստիճանի տատանման և պարտադիր կենտրոնադրման ազդեցությունները: Տրվել է վերոնշյալ գործոնների արժեքների մեծության հաշվարկը՝ կախված չափվող զծի երկարությունից, որով հնարավորություն է ստեղծվում առավել ճիշտ գնահատելու լուսահեռաչափով չափվող զծի ճշտությունը:

**Աղ. 3-ում և 4-ում** ներկայացված մեծությունները հնարավորություն տվեցին դուրս բերելու նախնական բանաձև, որով կարելի է գնահատել

կատարելագործվող լուսահեռաչափի ճշտությունը մեկ նվազով չափում կատարելիս՝  $m = \pm(0,1 + 5 \cdot 10^{-7}D)$ մմ:

Օպտիկական տարրերի կողմնորոշման սխալը հանգեցնում է լույսի մոդուլյացիա-դեմոդուլյացիայի արդյունավետության նվազեցման, այսինքն՝ ֆազի որոշման ճշտության և սարքի աշխատանքի շտաովի նվազեցման: Որպեսզի մնացորդային լույսի ինտենսիվությունը զգալի սխալներ չառաջացնի չափման արդյունքներում, լույսի մոդեմի օպտիկական տարրերի կողմնորոշումը պետք է իրականացվի ոչ ավելի, քան  $\pm 0,5^\circ$  սխալի չափով: Եթե որպես մոդուլյատոր-դեմոդուլյատոր կիրառվում է մեկ բյուրեղ, ապա մնացորդային լույսը պայմանավորված է անալիզատորի կողմնորոշմամբ  $\pm 0,5^\circ$  չափով, իսկ անալիզատորի անսխալ կողմնորոշման և  $\frac{U}{U_{\pi}} = 0,5$  դեպքում բյուրեղների կողմնորոշման սխալը պետք է լինի  $\pm 0,5^\circ$  սահմաններում: Ընդունող և հաղորդող համակարգերում երկու առանձին բյուրեղների կիրառման դեպքում սխալի չափը պայմանավորված է և՛ բյուրեղների, և՛ անալիզատորի կողմնորոշման սխալով, որը պետք է լինի  $\pm 0,25^\circ$  սահմաններում:

*Աղյուսակ 3*

*Վակուումում լույսի արագության որոշման սխալի մեծությունը*

Սխալների անվանումը	dD/D
Ջերմաստիճանի չափման սխալ $\pm 0,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,5 \cdot 10^{-6}$
Ճնշման չափման սխալ $\pm 0,5$ մմ սնդ. սյուն	$\pm 0,2 \cdot 10^{-6}$
Խոնավության չափման սխալ $\pm 1$ մմ սնդ. սյուն	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Հաճախության կայունության սխալ	$\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Վակուումում լույսի արագության որոշման սխալ	$\pm 4 \cdot 10^{-9}$

*Աղյուսակ 4*

*Լուսահեռաչափի հասարպունի որոշման գործոնների չափը*

Սխալների անվանումը	$\pm V$ մկմ	V·V
Սարքի հաստատունի որոշման սխալ	150	22500
Ընդունող-հաղորդող հանգույցի և անդրադարձիչի առանցքների ուղղաձիգության սխալ	20	400
Ընդունող-հաղորդող հանգույցի և անդրադարձիչի կենտրոնադրման սխալ	20	400
Միևիմուտի ֆիքսման սխալ	150	22500
Ընդունող-հաղորդող հանգույցի և անդրադարձիչի հիմքերի ջերմային ընդարձակման ուղղման գործակցի որոշման սխալ	50	2500
$\delta = \pm 0,22$ մմ		$\sum V^2 = 48300$

Պարբերության ընթացքում մնացորդային ինտենսիվության միջին արժեքի գնահատման համար կիրառվող արտահայտություններն են՝

$$\frac{i}{I_0} = \frac{1}{T} \int I(t) dt = \theta_3^2 + 2\theta_3(\theta_1' - \theta_2') \left[ 1 - I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right] + 2(\theta_1' - \theta_2')^2 \left[ \frac{3}{4} + \frac{1}{4} I_0 \left( 4\pi \frac{U}{U_\pi} \right) - I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right]; \quad (5)$$

$$\frac{i}{I_0} = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt = \theta_3^2 + 2(\theta_1' + \theta_2')^2 \left[ \frac{3}{4} + \frac{1}{4} I_0 \left( 4\pi \frac{U}{U_\pi} \right) - I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right] + 2\theta_4^2 \left[ 1 + I_0 \left( 4\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right] + 4(\theta_1' + \theta_2')\theta_4 \left[ I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right) - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} I_0 \left( 4\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right] - 2(\theta_1' + \theta_2')\theta_3 \left[ 1 - I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right) \right] - 4\theta_3\theta_4 I_0 \left( 2\pi \frac{U}{U_\pi} \right); \quad (6)$$

Համեմատելով (5) և (6) արտահայտությունները՝ կարելի է եզրակացնել.

1. Երբ օպտիկական ուղի է ներմուծվում քառորդալիքային ֆազային թիթեղ, մինիմումում մնացորդային լույսը կախված է բյուրեղների կողմնորոշման սխալից:

2. Եթե օպտիկական ուղիում բոլոր տարրերը, բացի ֆազային թիթեղից, ճիշտ են կողմնորոշված, ապա ֆազային թիթեղի կողմնորոշման սխալը մինիմումում առաջացնում է մնացորդային ինտենսիվություն, որը կախված է լույսի մոդուլատոր-դեմոդուլատորի սնուցման ռեժիմից: Թիթեղի կողմնորոշման սխալը հանգեցնում է կրկնակի ավելի մնացորդային ինտենսիվության առաջացման, քան բյուրեղների միննույն կողմնորոշումը:

Իրականացվել է ինչպես անդրադարձիչի էտալոնային տեղափոխումն ալիքի երկարության կեսին համապատասխան սահմաններում՝ 10 մմ քայլով, այնպես էլ կոմպարատորի հատվածների բացարձակ արժեքների որոշում: **Աղ. 5-ում և 6-ում** ներկայացված են չափման տվյալները՝ արտահայտված մմ-ով, և ֆազի որոշման միջին քառակուսային սխալի արժեքները:

Աղյուսակ 5

Անդրադարձիչի էտալոնային տեղափոխմամբ չափումներ

Անդրադարձիչի էտալոնային տեխափոխում	Լուսահեռաչափի տվյալներ $D_{\text{չափ}}$		$\Delta = D_{\text{չափ}} - D_{\text{ետ}}$	
	Ինիտարկոդ	Որդիտարկոդ	Ինիտարկոդ	Որդիտարկոդ
0 – 10	10.04	10.04	+ 0.04	+ 0.04
10 – 20	10.01	9.98	+ 0.05	– 0.02
20 – 30	9.97	10.03	– 0.07	+ 0.03
30 – 40	9.96	10.04	– 0.06	+ 0.04
40 – 50	9.98	10.02	– 0.02	+ 0.02
50 – 60	10.0	9.98	0	– 0.02
60 – 70	10.03	9.98	+ 0.03	– 0.02
70 – 80	10.04	10.03	+ 0.04	+ 0.03
80 – 90	10.03	10.04	+ 0.08	+ 0.04
90 – 100	9.98	10.04	– 0.05	+ 0.04
<b>Մջ</b>			0,044	0,03

## Կոմպարատորի հարվածների չափված արժեքները

	D <sub>չափածող</sub>	D <sub>լուսահետազոտի</sub>	Δ = D <sub>չափածող</sub> - D <sub>լուսահետազոտի</sub>
4-5	3000.1793	3000.204	- 0.02
5-6	2999.9376	2999.924	+ 0.02
6-7	2999.9347	2999.904	+ 0.03
7-8	3000.1436	3000.094	+ 0.05
8-9	3000.0676	3000.038	+ 0.03
9-10	2999.9250	2999.954	- 0.03
10-11	3000.0222	3000.064	- 0.04
			m <sub>թ</sub> ≈ 0.031

Լուսահետաչափով երկարության բացարձակ արժեքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$D = N \frac{\lambda_{\text{ս}}}{4} + \frac{\lambda_{\text{ս}}}{8} + \ell - K: \quad (7)$$

## ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Մեկուներ տեսակի լուսահետաչափում օպտիկական հապաղման գծի հայելիների և այլ անդրադարձնող տարրերի առկայությունը հանգեցնում է լրացուցիչ դեպոյարիզացիայի և մնացորդային լույսի հոսքի առաջացման: Մեր կողմից մշակված երկֆազային հեռաչափում օպտիկական հապաղման գիծը իրականացված է լույսի մոդեմի տեղաշարժի տեսքով:

2. Գեոմետրիա GR-204 լուսահետաչափում լույսի մոդուլյացիայի մեծ հզորությունը զգալի սխալներ է առաջացնում, 50...60 ՄՀց միջակայքում ավտոգեներատորի մոդեմի հաճախության փոխակերպման համակարգը կատարյալ չէ, ինչը գծային չափիչ միջոցներին երկարության միավորի փոխանցման ժամանակ կոմպարատորում հանգեցնում է դժվարությունների:

3. Գերճշգրիտ հեռաչափերը նպատակահարմար է կառուցել գծային չափումների մոդուլյացիոն եղանակի երկֆազային մեթոդի կիրառմամբ, ընդ որում, միմյանցից 180°-ով շեղված ազդանշանները պետք է ձևավորվեն օպտիկական ճանապարհով՝  $\lambda/2$  ֆազային թիթեղների պտույտով:

4. Մասշտաբային տատանումների գեներատորը կառուցել 1200 ՄՀց հաճախության վրա, որպես առաջադրող գեներատոր օգտագործել GK-87 TC տիպի ջերմակայունացված 600 ՄՀց հաճախությամբ կվարցային գեներատոր, որի կարճաժամկետ հաճախականային կայունությունը կազմում է  $10^{-8}$ , իսկ երկարաժամկետը  $10^{-7}$ :

5. Լուսահետաչափի չափման գործընթացի վրա ազդող սխալների դիտարկման արդյունքում որոշվել է բոլոր գործոնների գումարային սխալը՝  $m = \pm(0.1 + 5 * 10^{-7})$ : Զերմաստիճանի ազդեցությունները նվազագույնի



հասցնելու համար նպատակահարմար է ընդունող-հաղորդող հանգույցը պատրաստել ինվարից:

6. Մշակված գերճշգրիտ լուսահեռաչափում օպտիկական տարրերի կողմնորոշումը պետք է կատարվի հետևյալ ճշտությամբ.

- մեկ բյուրեղ կիրառելու դեպքում անալիզատորը կամ բյուրեղը պետք է կողմնորոշված լինեն  $\pm 0,5^\circ$  սխալի սահմաններում,

- երկու առանձին բյուրեղների կիրառման դեպքում սխալի չափը պայմանավորված է ն' բյուրեղների, ն' անալիզատորի կողմնորոշման սխալով, որն այդ դեպքում պետք է լինի  $\pm 0,25^\circ$  սահմաններում:

7. Գերճշգրիտ հեռաչափերի հետագա զարգացումը պետք է ընթանա մոդուլյացիոն եղանակի գծային կոմպենսացիոն մեթոդի ներդրմամբ, որի դեպքում մոդուլման հզորությունը փոքրանում է 4 անգամ, ոչ գծային աղավաղումները փոքրանում են մեկ կարգով, ինչպես նաև ֆազային մնացորդի որոշման ճշտությունը բարձրանում է մոտավորապես 10 անգամ:

### **ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

1. Անհրաժեշտ է գերճշգրիտ հեռաչափը համալրել հաղորդիչ-ընդունիչ օպտիկական համակարգով, որը հանգեցնում է ոչ միայն ֆազային նետումների միջինացման, այլև ընդունվող լույսի ինտենսիվության մեծացման, որը համարժեք է մոդուլման հզորության փոքրացմանը:

2. Լազերային լույսի մոդուլյացիա-դեմոդուլյացիան էլեկտրա-օպտիկական էֆեկտի վրա գերճշգրիտ լուսահեռաչափում իրականացնել 750...800 ՄՀց հաճախականությունների տիրույթում՝ բարձրացնելով մոդուլյատորի բարորակությունը մինչև  $Q = 1000$ , ինչը թույլ կտա զգալիորեն իջեցնել մոդուլման հզորությունը:

3. Զերմաստիճանի ազդեցությունները նվազագույնի հասցնելու համար լուսահեռաչափի ընդունող-հաղորդող հանգույցը պատրաստել ինվարով՝ հաշվի առնելով ինվարի ջերմային ընդարձակման գործակցի շատ փոքր արժեքը, որը կազմում է  $1,2 \cdot 10^{-6}$ , կամ մեկ այլ մետաղով, որի ջերմային ընդարձակման գործակիցը մոտ է ինվարի ջերմային ընդարձակման գործակցին:

4. Առաջարկվում է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի միջոցով աշխատանքներ իրականացնել Գառնիի դիտարանի թունելի մուտքից սկսած՝ ձախ պատի ամբողջ երկայնքով 24 մ քայլով՝ տեղադրելով հիդրոդինամիկական տվիչներ և ստեղծելով փակ նիվելիրացման ընթացք, որը կապահովի վերազանցումների որոշման 0,05 մմ ճշտություն:

**ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ԱՏԱՑՎԱԾ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ  
ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԵՆ ՀԵՏԵՎՅԱԼ ԳԻՏԱԿԱՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐՈՒՄ**

1. **Айрапетян Е. А., Петросян С. К., Арутюнян В. Г., Хачатрян А. А.** Выбор модулятора света эталонного светодальномера // *ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր*, 2020, N1 (66).- էջ 50-57:
2. **Айрапетян Е. А., Петросян С. К., Багдасарян Э. Г.** Экспериментальные исследования СВЧ модуляторов света // *ՃՇՀԱՀ Գիտական աշխատություններ*, 2020, N2 (77).- էջ 54-62:
3. **Ծատուրյան Ա. Ս., Պետրոսյան Հ. Ս., Համբարձումյան Պ. Վ. , Պետրոսյան Ս. Կ.** Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի չափման ճշտության բարձրացման մեթոդը // *ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր*, 2020, N3 (68).- էջ 70-76:
4. **Hayrapetyan Ye. H., Petrosyan S. K.** Construction features of the high-precision laser rangefinder light modulator // *NUACA Journal of architectural and engineering research*, 2021, N1.- P. 26-31:
5. **Hayrapetyan Ye. H., Hunanyan H. A., Mkhitarian S. A., Petrosyan S. K.** Research, Development and Creation of a Laser Rangefinder for High-precision Linear Measurements // *International Conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under the External Influences*, 2021, part 1.- P. 60-71:
6. **Պետրոսյան Ս. Կ.,** Լուսահեռաչափի չափման ճշտության վրա ազդող գործոնները // *ՃՇՀԱՀ Գիտական աշխատություններ*, 2021, N 3 (81).- էջ 93-100:
7. **Ծատուրյան Ա. Ս., Պետրոսյան Հ. Ս., Համբարձումյան Պ. Վ., Պետրոսյան Ս. Կ., Փալիկյան Ֆ. Հ.** Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի փորձանմուշների տվյալների վերլուծություն // *ՃՇՀԱՀ Գիտական աշխատություններ*, 2021, N1 (81).- էջ 77-84:
8. **Petrosyan H. S., Markosyan M. V., Hambartsumyan P. V., Tsaturyan A. S., Petrosyan S. K.** System of hydroleveling with self-calibration // *Contemporary Problems of Architecture and Construction*, 2021.- P. 236-238.
9. **Պետրոսյան Հ., Մարկոսյան Մ., Համբարձումյան Պ., Ծատուրյան Ա., Պետրոսյան Ս.** Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի գյուտի կարճաժամկետ արտոնագիր N 684 Y՝ տրված 01.12.2021 թ. ՀՀ էկոնոմիկայի նախարարության Մտավոր սեփականության գրասենյակի կողմից՝ Հայտի N AM 20210067Y, գրանցված է պետական գրանցամատյանում 01.12.2021 թ.:
10. **Պետրոսյան Ս. Կ.,** "Օպտիկական տարրերի ճշտադրման սխալանքի ազդեցությունը լուսահեռաչափի աշխատանքի վրա", *ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ*, 2022, N 1 (82), էջ 75-82:

**ИЗУЧЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ  
ВЫСОКОТОЧНЫХ СВЕТОДАЛЬНОМЕРОВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРИБОРА**

**РЕЗЮМЕ**

В современной геодезии возникают задачи, требующие постоянного совершенствования существующих средств измерений, что в первую очередь связано с высокой точностью измерений, например обеспечение инструментальной погрешности 0,03...0,05 мм. Такую точность могут обеспечить интерференционные и фазовые светодальномеры. Использование интерференционных светодальномеров в полевых условиях нецелесообразно из-за неоднородности окружающей среды и температурных колебаний. Исследования схем современных известных высокоточных фазовых светодальномеров показали в их узлах конструктивные дефекты, для устранения которых предложены решения.

Были представлены методы модуляции, даны их теоретические обоснования, проведены сравнения. Установлено, что при парафазном режиме компенсационного метода потенциальная точность измерения фазы может составлять  $m_\varphi = 0,01...0,03$  мм, такой прибор способен к самоатестации. В качестве направления развития метода модуляции предлагается переход на круговую поляризацию света, что снижает мощность модуляции примерно в 4 раза. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой модулятора света, для модуляционного лазерного дальномера работающего на электрооптическом эффекте. Для снижения мощности модуляции предлагается уменьшить частоту модуляции до 750...800 МГц, увеличив при этом добротность модуляции до  $Q=1000$ .

Задача уменьшения частот решается с помощью применения парафазного метода. В этом случае погрешность определения фазы  $m_\varphi$  значительно уменьшается и появляется возможность уменьшить частоту  $f$ . На данном этапе применение парафазного метода модуляции света позволяет снизить частоту с 1200 МГц до 800...1000 МГц. На частотах 800...1000 МГц размеры резонатора невелики и добротность модулятора находится в пределах половины добротности кристалла KDP ( $Q_{KDP} = 2000$ ).

Были обследованы влияния юстировки оптических элементов на работу высокоточного светодальномера. Определено величина интенсивности остаточного света, зависящего от юстировки анализатора и кристалла в приёмно-передающем узле и от применения четвертьволновой фазовой пластины. Приведены допустимые значения погрешности юстировки анализатора и кристаллов. Ориентировка

оптических элементов приводит к снижению глубины модуляции-демодуляции, то есть к снижению рабочего радиуса прибора и точности определения фазы. Для того чтобы интенсивность остаточного света не оставляла значительных погрешностей на результатах измерений, ориентацию оптических элементов модулятора-демодулятора света следует проводить с погрешностью не более  $\pm 0,5$ .

Были проведены измерительные работы по эталонному смещению отражателя на расстоянии 10 мм в соответствующей половине диапазона длины волны, а также по определению абсолютных значений отрезков компаратора, в результате чего было определено среднеквадратическая ошибка определения фазы.

Предложено комплексное решение для исследования движений земной коры с использованием фазового светодальномера и системы гидродинамического нивелирования.

**STUDY OF WAYS TO INCREASE THE ACCURACY OF HIGH-PRECISION  
LIGHT DISTANCE METER, SUBSTANTIATION AND AUTOMATION OF THE  
DEVICE**

**SUMMARY**

In modern geodesy, tasks arise that require constant improvement of existing measuring instruments to insure high measurement accuracy, for example, an instrumental error of 0.03 ... 0.05 mm. Such accuracy can be provided by interference and phase light range finders. The use of interference light range finders in the field is impractical due to the inhomogeneity of the environment and temperature fluctuations. Studies of circuits of modern well-known high-precision phase light range finders have shown design defects in their nodes. Solutions have been proposed for their elimination.

Modulation methods were presented, their theoretical substantiations were given, and comparisons were made. It has been established that in the paraphase mode of the compensation method, the potential accuracy of phase measurement can be  $m_\phi = 0.01 \dots 0.03$  mm. Such a device is capable of self-testing. As a direction for the development of the modulation method, it is proposed to switch to circular polarization of light, which reduces the modulation power by about 4 times. Issues related to the development of a light modulator for a modulation laser rangefinder operating on the electro-optical effect are considered. To reduce the modulation power, it is proposed to reduce the modulation frequency to 750... 800 MHz, while increasing the modulation quality factor to  $Q=1000$ .

The problem of frequency reduction is solved using the paraphase method. In this case, the error in determining the phase  $m_\phi$  is significantly reduced, and it becomes possible to reduce the frequency  $f$ . At this stage, the use of the paraphase method of light modulation makes it possible to reduce the frequency from 1200 MHz to 800 ... 1000 MHz. At frequencies 800 ... 1000 MHz, the resonator dimensions are small and the quality factor of the modulator is within half the quality factor of the KDP crystal ( $Q_{KDP} = 2000$ ).

The influence of the adjustment of optical elements on the operation of a high-precision light rangefinder was examined. The magnitude of the intensity of the residual light, which depends on the alignment of the analyzer and the crystal in the receiving-transmitting node and on the use of a quarter-wave phase plate, is determined. Permissible values of the error in the alignment of the analyzer and crystals are given. The orientation of the optical elements leads to a decrease in the depth of modulation-demodulation, that is, to a decrease in the working radius of the device and the accuracy of determining the phase. In order for the residual light intensity not to cause significant errors in the measurement results, the orientation of the optical elements of the light modulator-demodulator should be carried out with an error of no more than  $\pm 0.5$ .

Measurement work was carried out on the reference displacement of the reflector at a distance of 10 mm in the corresponding half of the wavelength range, as well as on the determination of the absolute values of the comparator segments, as a result of which the root-mean-square error of the phase determination was determined.

A complex solution is proposed for studying the movements of the earth's crust using a phase light rangefinder and a hydrodynamic leveling system.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to be 'P. P.' followed by a horizontal line and a small flourish.