

ՀՏԴ 528.375

ԳԵՈՂԵԶԻԱ
Հ.Ս.Պետրոսյան,
Շ.Զ.Շահինյան**ՀՀ ԲԱՐՁՈՒՆՔԱՅԻՆ ՑԱՆՑԻՆ ՄՇՏԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՂ ԲԱԶԱՅԻՆ ՌԵՖԵՐԵՆՑ-ԿԱՑԱՆՆԵՐԻ ԿԱՊԱԿՑՄԱՆ ԵՎ ՀԵՏԱԳԱ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՆՈՐ ՄԵԹՈՂԻԿԱ**

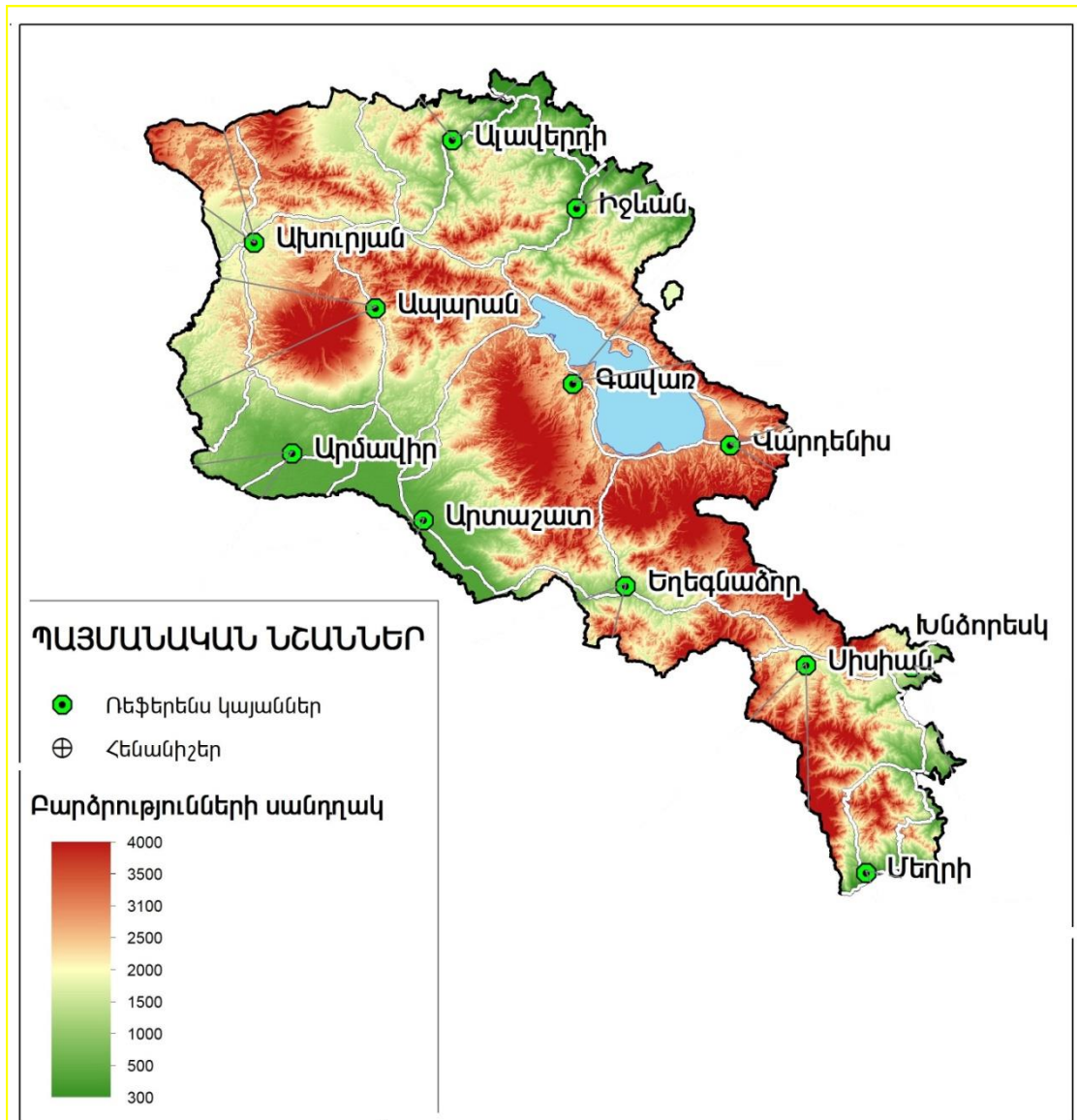
Մշակված է Հայաստանի Հանրապետության տարածքում իրական ժամանակում աշխատող մշտական գործող ռեֆերենց ցանցի կայանները ՀՀ պետական բարձունքային ցանցին կապակցելու մեթոդիկա, բարձր ճշտության թվային նիվելիրների և էլեկտրոնային տախեոմետրերի կիրառմամբ: Ներկայացված են նորմալ բարձունքային համակարգին կապակցման նպատակահարմարության, տնտեսական արդյունավետության վերաբերյալ ընդհանուր տեղեկություններ: Հաշվարկվել է նշված գործիքներով ռեֆերենց կայանների կայունության որոշման համար ստացվող տվյալների սպասվելիք միջին քառակուսային սխալի ճշտության աստիճանը:

Առանցքային բառեր. ՀՀ պետական բարձունքային ցանց, Բալթյան-77 համակարգ, մշտական գործող բազային կայանների համակարգ, եռանկյունաչափական նիվելիրացում, հենանիշեր, հավասարակշռում, ArmREF02, ArmPos, քվադրգեոդի մոդել, GNSS համակարգեր

Ներկայումս մարդկանց կյանքում իրենց ուրույն տեղն են գտել թվային կամ էլեկտրոնային սարքավորումները: Դրանից զերծ չեն մնացել նաև «Երկիր» մոլորակի ձևը, չափը և առանձին մասերն ուսումնասիրող գիտությունները, այդ թվում՝ գեոդեզիայի բնագավառը: Այստեղ արդեն մի քանի տասնամյակ է, որ լայնորեն կիրառվում են էլեկտրոնային տեխնոլոգիաները, որոնք գրեթե ամբողջությամբ դուրս են մղել ավանդական՝ մեխանիկական և օպտիկական սարքավորումներին: Այս ոլորտում էլեկտրոնային տեխնոլոգիաների ամենաժամանակակից ներկայացուցիչներից է Միջազգային մշտական գործող բազային կայանների ցանցը (GNSS): Այդ կայաններն որպես ելակետեր են հանդիսանում տարբեր երկրներում ստեղծվող իրական ժամանակում աշխատող մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցերի (ՄԳՌԿՑ) ստեղծման գործընթացում:

Իրական ժամանակում աշխատող ՄԳՌԿՑ-ի աշխատանքի բնույթը հետևյալն է՝ կայանները տեղակայված են հայտնի և բարձր ճշտությամբ դիտարկված կետերի վրա: Դրանք անընդհատ տվյալներ են ստանում նավիգացիոն արբանյակային ցանցերից, ստացված տվյալների հիման վրա կատարում են հավասարակշռում և ուղղումներ ուղարկում սպառողներին: Այսինքն՝ մշտական գործող բազային կայանների ցանցը մի միասնական կոորդինատային համակարգ է, որը թույլ է տալիս իր ծածկույթի ընդգրկման տիրույթում ստանալ բարձր ճշտության տարածական կոորդինատներ: Դրա միջոցով կարելի է կոորդինատները ստանալ և իրական ժամանակում (RTK), և ստատիկ չափումների արդյունքների հավասարակշռման միջոցով:

Մշտական գործող ռեֆերենց կայանների նմանատիպ ցանց 2013 թ. ստեղծվեց Հայաստանի Հանրապետության տարածքում: Այն կրում է ArmPos (Armenian Positioning System) անվանումը: ArmPos-ը բաղկացած է 12 մշտական գործող կայաններից և ծածկում է հանրապետության տարածքի 95%-ից ավելին (նկ. 1) [1]:



Նկ. 1. Ռեֆերենց կայանների տեղադիրքի սխեման

ՄԳՌԿՑ-ն կապակցվել է ՀՀ տարածքի մոտակայքում 2000 կմ շառավղով առկա Միջազգային գեոդեզիական ցանցի (ITRF2008 / IGS08) 11 կայաններին (BUCU 11401M001, DYNG 12602M006, GLSV 12356M001, KIT3 12334M001, KTVL 12337M003, MDVJ 12309M005, MIKL 12335M001, NICO 14302M001, POLV 12336M001, SOLA 20101M001, TEHN 20404M002): ՄԳՌԿՑ-ն ՀՀ ազգային գեոդեզիական ցանցին (ԱԳՑ) կապակցելու համար դիտարկումների գործընթացում ներգրավվել են ԱԳՑ 8 հիմնակետեր, որոնցից՝ 0-ական դասի՝ 4 և 1-ին դասի՝ 4: Կորրեկցիաները հաշվարկվել են ստանդարտ միջազգային ռեֆերենց համակարգի շրջանակում

(ITRF2008 / IGS08).

2013.751 ժամանակահատվածում հաշվարկված էլակետային IGS կայանների կոորդինատները համեմատվել են IGS08 կոորդինատային համակարգում ստացված տվյալների հետ: Այնուհետ այդ կոորդինատները Հելմերտի եղանակով փոխակերպվել են ՀՀ ԱԳՑ կոորդինատային համակարգ (ARMREF02), օգտագործելով այդ համակարգում 8 հիմնակետերի կոորդինատները: ARMREF02-ը Հայաստանի Հանրապետության պաշտոնական ազգային գեոդեզիական ռեֆերենց համակարգն է: Այն համապատասխանում է Երկրի ռոտացիոն միջազգային ծառայության (ITRS) ITRF2000 համակարգի IGS ցանցի կետերի կոորդինատներին 2002.9. ժամանակահատվածում:

ՀՀ ԱԳՑ կոորդինատային համակարգում ՄԳՌԿՑ 12 կայանների հիմնակետերի վերջնական կոորդինատները արժեքները որոշված են մինչև 1 սմ-ի ճշտությամբ [1]:

Հաշվի առնելով այն, որ ՀՀ տարածքում ամրացված 12 ՄԳՌԿՑ-ի կայաններից ոչ մեկը չի ապահովվել ստուգիչ կետերով, դրա համար մեր կողմից առաջարկվում է ստուգիչ կետերի ստեղծման մեթոդիկա հետևյալ բովանդակությամբ:

ՄԳՌԿՑ-ի կայանների միջոցով չափված կետերի գեոդեզիական բարձրությունը հաշվարկվում է համաերկրային ռեֆերենց էլիպսոիդի մակերևույթից:

Հանրապետությունում բոլոր տեղագրագեոդեզիական աշխատանքներում կիրառվում է նորմալ կամ օրթոմետրիկ բարձունքային «Բալթյան-77» համակարգը: Որպեսզի կապ ստեղծենք գեոդեզիական և նորմալ համակարգերի միջև, անհրաժեշտություն է առաջանում ՄԳՌԿՑ 12 կայաններին II դասի նիվելիրացման միջոցով ապահովել «Բալթյան-77» համակարգի բարձունքային նիշերով:

Այդ դեպքում երկու համակարգերի բարձունքային նիշերի տարբերությունով կստանանք քվադրիգեոիդի բարձրություն՝

$$\zeta = H - H', \quad (1)$$

որտեղ H , H' , ζ -ն համապատասխանաբար գեոդեզիական, նորմալ և քվադրիգեոիդի բարձրություններն են [2]:

ՄԳՌԿՑ 12 կայաններին II դասի նիվելիրացման միջոցով բարձունքային նիշերով ապահովելու, ինչպես նաև կայանների ալեհավաքների կայուն դիրքի ապահովման համար անհրաժեշտ է ժամանակակից թվային նիվելիրներով և էլեկտրոնային տախեոմետրերով իրականացնել հետևյալ աշխատանքները.

- յուրաքանչյուր ռեֆերենց կայանի մոտակայքում (100...200 մ հեռավորության վրա) ամրացնել երեք ՀՀ ազգային գեոդեզիական ցանցի (ԱԳՑ) 2-րդ դասի հիմնակետ (նկ. 2ա), որոնք գծային և անկյունային չափումների ընթացքում կնվազեցնեն գործիքի կենտրոնադրման սխալի ազդեցությունը,

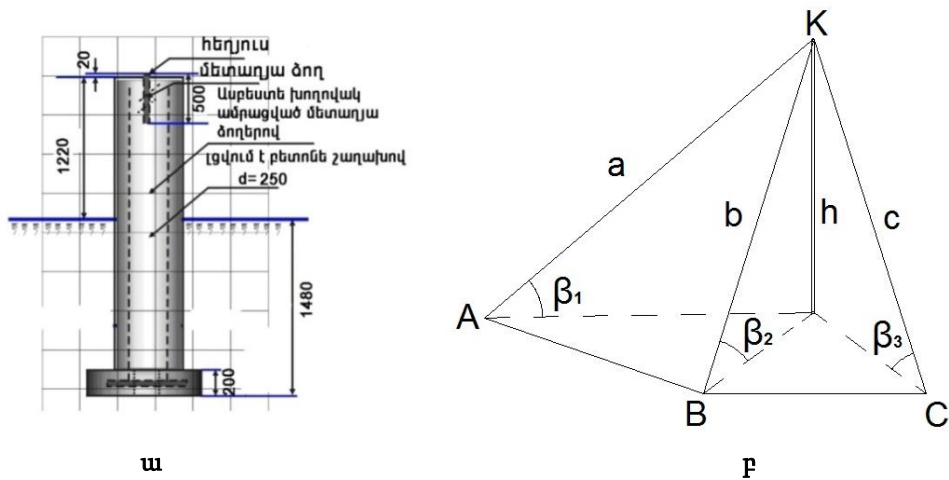
- հիմնակետերն ամրացնել այնպես, որ ռեֆերենց կայանի ալեհավաքի հետ կազմված եռանկյունների անկյունները փոքր չլինեն 30°-ից (նկ. 2բ),

• նշված հիմնակետերը II դասի նիվելիրացման ծրագրով (ազատ կամ ուղիղ և հակադարձ ընթացքներով) կապակցել ՀՀ պետական գեոդեզիական բարձունքային ցանցի (ՊԳԲՑ) մոտակայքում գտնվող I կամ II դասի հենանիշերին,

• նիվելիրացման աշխատանքներն իրականացնել բարձր ճշտության «Leica NA-3003» մակնիշի թվային նիվելիրներով, իսկ գծային և անկյունային չափագրումները՝ բարձր ճշտության էլեկտրոնային «Leica TC-2003 0,5» կամ «TCM-1800 1» մակնիշի տախետմետրերով,

• II դասի նիվելիրացման ծրագրով երեք հենակետերը բարձունքային նիշերով ապահովելուց հետո, անհրաժեշտ է ուղիղ հատումների եղանակով (նկ. 2բ) որոշել ռեֆերենց կայանի պլեհավաքի տարածական կոորդինատները:

Անկյունային չափագրման աշխատանքներն իրականացնել դիտարկման 3 նվագով, իսկ բազիսներն՝ ուղիղ և հակադարձ ուղղություններով:



Նկ. 2. ա - 2-րդ դասի հիմնակետ, բ - ուղիղ հատումների եղանակով անհասանելի K կետի կոորդինատների որոշման սխեմա

K կետի բարձրությունը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևերով.

$$\begin{aligned} H_K^A &= H_A + \sin\beta_1 * a + \iota - \vartheta, \\ H_K^B &= H_B + \sin\beta_2 * b + \iota - \vartheta, \\ H_K^C &= H_C + \sin\beta_3 * c + \iota - \vartheta, \end{aligned} \quad (2)$$

որտեղ H_K^A, H_K^B, H_K^C -ն K կետի նորմալ բարձրություններն են համապատասխանաբար ստացված A, B և C կետերից, H_A, H_B, H_C -ն համապատասխանաբար A, B և C կետերի նորմալ բարձրություններն են, a, b, c -ն՝ չափված զծերի երկարությունները, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ -ն՝ չափված անկյունները, ι - ն գործիքի բարձրությունն է կետից, ϑ - ն ռեֆերենց կայանի պլեհավաքի բարձրությունն է:

K կետի բարձունքային նիշը հավասար է հաշվարկված 3 նիշերի միջին թվաբանականին՝

$$H_K = \frac{H_K^A + H_K^B + H_K^C}{3} \quad ; \quad (3)$$

A, B և C կետերից ռեֆերենց կայանի կայունության որոշման համար չափումների սպասվելիք միջին քառակուսային սխալը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով.

$$M'_A{}^2 = m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S_A^2, \quad M'_B{}^2 = m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S_B^2, \quad M'_C{}^2 = m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S_C^2, \quad (4)$$

որտեղ M'_A , M'_B , M'_C -ն համապատասխանաբար A, B, C կետերից կատարված չափումների սպասվելիք միջին քառակուսային սխալն է, m_S -ը՝ գծի չափման միջին քառակուսային սխալը, ρ -ն մեկ վայրկյանի ռադիանային չափն է, որի արժեքը հավասար է 206265, m_β -ն անկյան չափման միջին քառակուսային սխալն է, S_A, S_B, S_C -ն՝ չափված գծի երկարությունը [3]:

Ռեֆերենց կայանի կայունության որոշման աշխատանքները պետք է ստուգվեն հետևյալ պարբերությամբ՝ շահագործման առաջին տարին երկուսից երեք փուլով, չնչին փոփոխությունների դեպքում՝ տարին մեկ անգամ:

Իրական ժամանակում աշխատող ՄԳՌԿՑ-ն ունի հետևյալ հնարավորությունները. եթե ավանդական եղանակով եռանկյունավորման, բազմանկյունաչափական և տրիլատերացիոն գեոդեզիական ցանցերը դասակարգվում էին հիմնային, 1, 2, 3, 4 դասերի և 1, 2 կարգի խտացման ցանցերի, իսկ արբանյակային եղանակովը ՀՀ ԱԳՑ-ում՝ մշտական գործող (IGS), 0-ական, 1-ին, 2-րդ դասերի և խտացման ցանցեր հիերարխիայով, ապա այս դեպքում կունենանք մշտական գործող IGS և ռեֆերենց կայանների ցանց: Բացի դրանից, ռեֆերենց կայանների ցանցն արդիական վիճակում պահելու համար կարիք չի լինի լրացուցիչ դաշտային դիտարկումներ կատարելու, քանի որ հաշվարկների համար համացանցային կապով կարող ենք օգտվել IGS դիտարկման տվյալներից և հենց ռեֆերենց կայանների դիտարկման տվյալներով յուրաքանչյուր տարի կատարել ցանցի հավասարակշռման աշխատանքներ: Ռեֆերենց կայաններից կազմված ցանցի առավելությունն այն է, որ հեռարձակված ուղղումները հավասարակշռված են ոչ թե մեկ կայանի, այլ ցանցի բոլոր կայանների տվյալների հիման վրա, ինչն իրական ժամանակում ապահովում է ավելի բարձր ճշտություն: Այսպիսով, ՄԳՌԿՑ-ն հնարավորություն է տալիս ցանցից օգտվողների համար մարդկային և սարքավորումների պաշարների խնայողություն, լուծելու տեղագրագեոդեզիական և նավիգացիոն խնդիրներ, օգտագործողներին տնտեսապես շահավետ պայմաններով կոորդինատային տեղեկատվության տրամադրում: Բացի դրանից, ՄԳՌԿՑ կայանները կարող են հիմք հանդիսանալ հանրապետության տարածքում Երկրակեղևի դեֆորմացիաները և սողանքային հատվածների շարժերը որոշելու գործընթացում:

**Օ.Ս.Սետրոսյան,
Ս.Յ.Սաղինյան**

НОВАЯ МЕТОДИКА ПРИВЯЗКИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ РЕФЕРЕНЦ-СТАНЦИЙ К ВЫСОТНОЙ СИСТЕМЕ РА И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Представлена общая информация о затратах, целесообразности и экономической выгоды привязки сети постоянно действующих базовых станций Республики Армения к государственной высотной сети РА. Разработана методика привязки к нормальной системе высот с использованием высокоточных цифровых нивелиров и электронных тахеометров. Подсчитана ожидаемая средняя

квадратическая ошибка данных для определения устойчивости референц-станций, полученных соответствующими инструментами.

Ключевые слова: государственная высотная сеть РА, система Балтийская-77, система постоянно действующих базовых станций, тригонометрическое нивелирование, марки, уравнивание, ArmREF02, ArmPos, GNSS системы

**H.S.Petrosyan,
Sh.Z.Shahinyan**

A NEW METHOD OF BINDING OF STATIONARY BASE REFERENCE STATIONS TO ALTITUDINAL SYSTEM OF RA AND ITS FURTHER RESEARCH

General information about the exposes, feasibility and economic profitability of network bindings continuously operating base stations of the Republic of Armenia to the state altitudinal system of RA is presented in this article. A new method of binding to the normal altitudinal system by using high-precision digital levels and electronic tacheometers has been cultivated. The expected average square error of the data to determine the stability of the reference station by the received corresponding tools has been estimated.

Keywords: State altitudinal system of RA, Baltic-77 system, system of continuously operating base stations, trigonometric leveling, marks, equalization, ArmREF02, ArmPos GNSS systems

Գրականություն

1. Armenia Continuously Operating Reference Stations Coordinates Computation Report. – Yerevan, 2013.
2. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: Геодезиздат, 1999. – 271 с.
3. Селиханович В.Г. Геодезия. - М.: Недра, 1981. - 544 с.

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «Երկրակեղևի սեյսմոգեն խզվածքներում տեղաշարժերի գրանցում և գեոդեզիական մոնիտորինգի իրականացում լազերային չափիչ գերձշգրիտ սարքերի կիրառմամբ» ծրագրի շրջանակում:

Պետրոսյան Հովսեփ Մերգեյի, տ.գ.դ. (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՀԱՀ, ակ. Ռ. Մովսիսյանի անվ. Ինժեներական գեոդեզիայի պրոբլեմային լաբորատորիա, ծրագրի ղեկավար, տ.գ.տ. (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Շահինյան Շահեն Զոհրաբի**, (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՀԱՀ, մագիստրանտ, (+374)94939212, shahen_shahinyan@mail.ru:

Петросян Овсен Сергеевич, д.т.н. (РА, г. Ереван) – НУАСА, Проблемная лаборатория Инженерной геодезии им. акад. Р. Мовсисяна, рук. программы, с.н.с. , (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Шагинян Шаген Зограбович** (РА, г.Ереван) – НУАСА, магистрант, (+374)94939212, shahen_shahinyan@mail.ru.

Petrosyan Hovsep Sergey, Doctor of science (engineering) (RA, Yerevan) - NUACA, Problem Laboratory of Engineering Geodesy by Academician R. Movsisyan, programme supervisor, senior researcher, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru. **Shahinyan Shahen Zohrab** (RA, Yerevan) – NUACA, Master student, (+374)94939212, shahen_shahinyan@mail.ru.

Ներկայացվել է՝ 17.06.2016թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 11.11.2016թ.