

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԱՐԵՎԱԿԱՆՅԻՆ ԺԱՄԱՑՈՒՅՑՆԵՐԸ

Հայաստանում գոյություն ունեցող բազմաթիվ վանքերի վրա մինչև այժմ էլ պահպանվել են արեգակնային ժամացույցներ: Այդպիսիները կան Զվարթնոցի տաճարի, Թումանյան գյուղի ու Մադկաձորի վանքերի վրա, Դիլիջանի ու Նոյեմբերյանի շրջաններում, Լեռնային Ղարաբաղի ինքնավար Մարզ Հայկական ՍՍՌ Մատենադարանի ձեռագրերում կան արեգակնային ժամացույցների բազմաթիվ նկարագրություններ: Սրանք ասում են այն մասին, որ տարբեր ժամանակներում ու տարբեր աշխարհագրական լայնություններում բնակվող հայերը որպես ժամանակի չափման գործիք լայնորեն օգտագործել են նաև արեգակնային ժամացույցներ:

Այդ ժամացույցների մանրամասն ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ դրանք հիմնականում կարելի է բաժանել երկու տիպի՝

1. Գործիքներ, որոնց օգնությամբ չափվում է ժամանակը, հաշվի առնելով առարկաների ստվերի ուղղության փոփոխությունը ցերեկվա ընթացքում. այդպիսի արեգակնային ժամացույցները կոչվում են գնամոնենք (գիտցողներ):

2. Աղյուսակներ, որոնց օգնությամբ չափվում է ժամանակը, հաշվի առնելով առարկաների ստվերի երկարության փոփոխությունը ցերեկվա ու տարվա ընթացքում. այդպիսի աղյուսակ-ժամացույցները անվանվում են ստվերաչափեր:

Հայաստանում հիմնականում օգտագործվել են ուղղաձիգ գնամոնենք, այսինքն այնպիսի արեգակնային ժամացույցներ, որոնց թվատախտակի հարթությունն ուղղահայաց է հորիզոնի հարթությանը և անցնում է արևելքի ու արևմուտքի կետերով: Այդպիսի ժամացույցները փորագրվում էին շենքերի հարավային պատի վրա (տե՛ս նկ. 1):

Ինչպես այդ ժամացույցների վրա, այնպես էլ այլ ժամացույցների սխեմաներում ու ստվերաշափ-աղյուսակներում թվերի փոխարեն դրված են հայկական այբուրենի տառերը: Ընդ որում այբուրենի առաջին ինը տառերը նշանակում են միավորներ, հաջորդ ինը տառերը՝ տասնավորներ և այլն:

Թվատախտակի համարակալումը սկսվում է առավոտյան պահից (որին համապատասխանում է 1-ը), հետզհետե մեծանալով՝ կեսօրին լինում է ժամը 6-ը և վերջանում 11 ժամով: Այս-



Նկ. 1. Արեղականային ժամացույց փորագրված Զվարթնոցի տաճարի հարավային պատին (VII դար):

պիսի համարակալումը չի կարելի բացատրել միայն այն փաստով, որ առաջներում ցերեկվա ու գիշերվա ժամերը հաշվել են իրարից անկախ: Եվ իրոք, դեռևս Պտղոմեոսի կողմից (II դ.) օրը բաժանվել է 24 հավասար մասերի՝ ժամերի, այդ բաժանումը մեծ

արագությամբ տարածվեց Հունանտանում, Խտալիայում, Եգիպտոսում և այլ երկրներում: Ինչպես վկայում են Մատենադարանի բազմաթիվ ձեռագրեր, նման բաժանումը Հայաստանում գոյություն է ունեցել շատ ավելի վաղ ժամանակներում, քան մեզ հասած արեգակնային ժամացույցների կառուցման ժամանակաշրջանն է: Հիմնական պատճառն այն է, որ սկսած շատ վաղ ժամանակներից հայերը օրվա սկիզբը համարել են ոչ թե արևմուտք, կես գիշերը կամ կեսօրը, ինչպես մի շարք ժողովուրդների մոտ, այլ ցերեկվա սկիզբը: Հայկական ձեռագրերի մի մասում այդ բացատրվում է նրանով, որ իբր արարիչը սկզբից ստեղծել է լույսը՝ ցերեկը, և դրանից հետո է գիշերը եղել, այսինքն իբր թե խավարից օրվա բաժանումն սկսվել է առավոտյան պահից: Արդյոք հայերը իր ժամանակին կրոնական այդպիսի նկատառումներով են առաջնորդվել, թե այդ ընդունելությունը կատարվել է շատ ավելի վաղ ժամանակներից (որը ավելի հավանական է), քան աստվածաշնչային վերոհիշյալ դրույթի հանդես գալը, դա տվյալ դեպքում կարևոր է: Կարևոր է փաստը, որ իրոք հայերը մի ժամանակ որպես օրվա սկիզբը համարել են ցերեկվա սկիզբը: Ի միջի այլոց նման եզրակացության են բերում նաև Լուսնի 19-ամյա աղյուսակների ուսումնասիրությունները:

Ժամացույցների թվատախտակի կեսօրին համապատասխանող թվից մյուս թվերը պետք է դասավորված լինեն սիմետրիկորեն: Դեպի մեկ և մյուս կողմը կարող են լինել 5-ական ամբողջ ժամից ոչ ավելի (հակառակ պարագայում ցերեկը 12 ժամից կավելանար), դրանով է բացատրվում 1—11-ժամյա բաժանումները (տե՛ս, օրինակ, Մատենադարանի № 1973 ձեռագրի 72ա թերթում բերված արեգակնային ժամացույցի գծագիրը):

Սակայն կան նաև այնպիսի գնումներ, որոնց թվատախտակի կիսաշրջանը բաժանվում է 12 ժամերի: Հասկանալի է, որ այդ դեպքում կեսօրին համապատասխանում է 6, 5 ժամը և որ արևածագը համարվում էր ոչ թե՛ 0, այլ 1 ժամը, իսկ ցերեկվա վերջին՝ ժամը 12-ը (տե՛ս նկ. 1):

Նկար 1-ում բերված է երևանից դեպի արևմուտք 15 կմ հեռավորության վրա գտնվող Զվարթնոցի տաճարի (որը կառուցվել է մ. թ. VII դարում) պատին փորագրված արեգակնային ժամացույցը: Այդ ժամացույցի ձողը, որի ստվերի ուղղությամբ որոշվում էր ժամը, չի պահպանվել. նկարում երևում է այն անցքը, որի մեջ ամրացված է եղել ձողը: Ինչպես երևում է նկարից, թվատախ-

նուիր բաժանված է հավասարաչափ կիրպով, այսինքն բոլոր թվերը թվերը իրարից հեռացված են միեւնույն չափով: Գրեթե նույն կառուցվածքն ունեն նաև միևնույն ալժամ հայտնի հաշվական մշտն ուղղածիդ գնոմոնները: Սակայն, ինչպես հայտնի է, ալգպիսի կառուցվածք պետք է ունենան միայն հասարակածային գնոմոնները (որոնց թվատախտակի հարթությունը զուգահեռ է երկրագնդի հասարակածային հարթությանը): Ուղղածիդ գնոմոնների ժամային դժերի կառուցումը պատրաստողից պահանջում է հունկլունաչափական սրոշակի գիտելիքներ, բանի որ ալգ դժերը տանկիս պետք է օգտվել

$$\lg x = \cos \varphi \cdot \lg l$$

բանածից, որտեղ φ -ն սեղի աշխարհագրական լայնությունն է, l -ն՝ ժամերը, իսկ x -ը՝ այն անկյունը, որը կազմում է սովալ ժամային գիծը կեսօրի դժի (հարավ-հյուսիս ուղղությամբ) հետ:

Այսպիսով, գնոմոն պատրաստողները որոշ սխալ են կատարել: Որոշենք ալգ սխալի չափը: Հաշվումները կատարենք ալժմյան Հայաստանի միջին աշխարհագրական լայնության համար ($\varphi = 40^\circ$): Ողտվիլով վերահիշյալ բանածից, կատանանք, որ 1-ին ու 11-րդ ժամագծերը կեսօրին դժի հետ պետք է կազմեն 67° , 2-րդ ու 10-րդ ժամագծերը՝ 48° , 3-րդ ու 9-րդ ժամագծերը՝ 33° , 4-րդ ու 8-րդ ժամագծերը՝ $20,5^\circ$, և վերջապես 5-րդ ու 7-րդ ժամագծերը՝ 10° : 1—11-ժամյա հավասարաչափ բաժանված գնոմոնների համար սխալը համապատասխանաբար կկազմի՝ 8° ; 12° ; 12° ; 9° ; 5° ; 5° : Հետաքրքրական է, որ ալգ սխալները փոքր են առավոտյան, կեսօրի և երեկոյան պահերի համար (և կազմում են կես ժամից պակաս ժամանակամիջոց): Քանի որ առաջներում թե՛ դլուդատնտեսական աշխատանքների և թե՛ եկեղեցական ծիսակատարությունների համար հիմնականում օգտվում էին ալգ պահերից և փոքր ժամանակամիջոցները մեծ նշանակություն չունեին, ուստի հեշտ կառուցվող ալգ ժամացույցները, ըստ երևույթին, միանգամայն բավարարում էին առօրյա պահանջներին:

Հետաքրքրական է Մատենադարանի № 1973 ձեռագրի 72ա թերթում բերված ուղղածիդ գնոմոնի նկարը (այն տրված է առանց բացատրության): Այդ ժամացույցի թվատախտակի համարները նույնպես դասավորված են իրարից հավասար հեռավորությունների վրա, սակայն հեղինակը այստեղ մի այլ սրամիտ մեթոդ է կիրառել: Ժամացույցի ձողը ամրացված է ոչ թե թվատախտակի կեն-

նորոնում, ինչպես սովորաբար լինում է, այլ ապակենտրոն: Այդ բանը հնարավորություն է ստեղծում սեղմելու սովերագծերը կեսօրյա ժամերին և ընդարձակելու դրանք առավոտյան ու երեկոյան ժամերի համար, այսինքն որոշ չափով շտկում է հավասարաչափ բաժանումներից առաջացած սխալը:

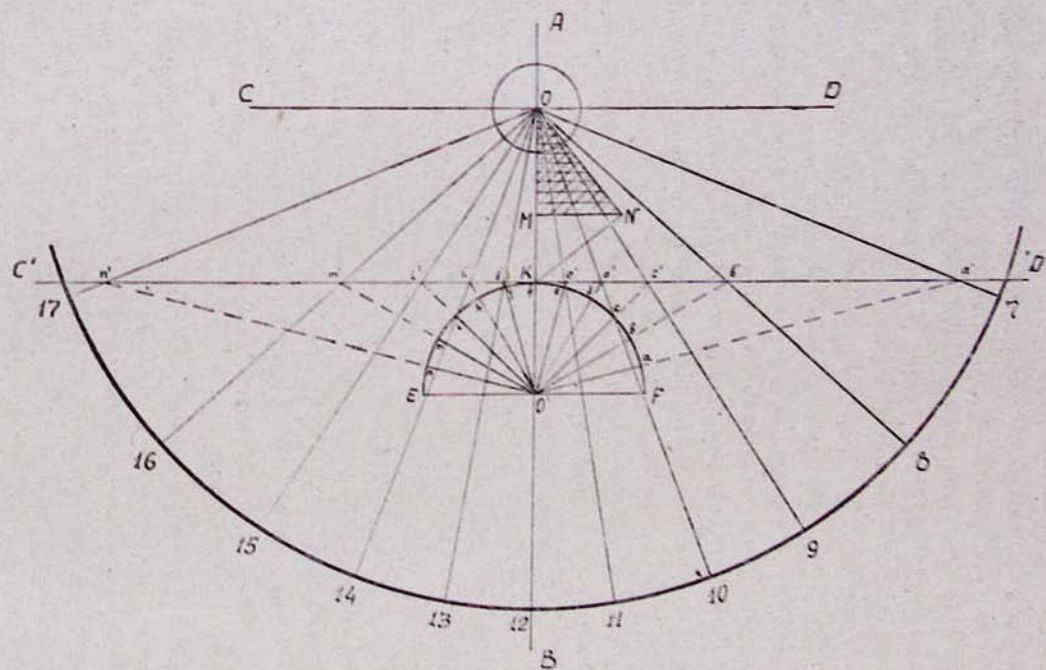
Վերջապես, Հայաստանում հանդիպում են նաև այնպիսի գնոմոններ, որոնք միանգամայն ճշգրիտ կառուցվածք ունեն: Ավելին. հայ հեղինակներից ոմանք առաջարկում են կառուցել հորիզոնական և ուղղաձիգ գնոմոններ զուտ երկրաչափական մեթոդով՝ առանց օգտվելու եռանկյունաչափական աղյուսակներից ու անկյունաչափ գործիքներից: Այդպիսի ժամացույցների գոյություն մասին նշված է Եվկլիդեսի երկրաչափությունը մշակող ու լրացնող հայ հեղինակի կողմից առաջադրվող թեորեմաների կիրառությունների մեջ (երկրաչափության հայերեն տեքստը գրված է XVII դարի 20-ական թվականներին): Այդ ժամացույցների մանրամասն նկարագիրը տրված է նաև Վ. Պալճեանի «Հրահանգք աստղագիտութեան ի վերայ երկնագնդոյ» (Վիեննա, 1845 թ.) գրքում:

Տանք այդ ժամացույցների կառուցման մեթոդը ու նրա ճշտության ապացույցը ժամանակակից նշանակումներով:

Վերցնենք փոխադարձ ուղղահայաց AB և CD ուղիղները և OMN ուղղանկյուն եռանկյունը, որի սուր անկյուններից մեկը (O -ն) հավասար է տեղի աշխարհագրական լայնությանը (φ) (տե՛ս նկ. 2): Տանենք N կետից ներքնաձիգին NK ուղղահայացը մինչև AB գծի հետ հատվելը: O' կետից տանենք $O'K = KN$ շառավղով կիսաշրջան և այն բաժանենք 12 հավասար մասերի: Բաժանման կետերը միացնենք շրջանագծի կենտրոնի հետ և ստացված շառավիղները շարունակենք մինչև $C'D'$ ($C'D'$ -ը տարված է զուգահեռ CD ուղղին) շոշափողի հետ հատվելը: Եթե շոշափողի այդ կետերը միացնենք O -ի հետ, ապա կստանանք համապատասխան ժամագծերի ուղղութիւնները:

Հորիզոնական արեգակնային ժամացույցի դիրքը որոշելիս թվատախտակի հարթությունը դնում են հորիզոնական և AB -ն ուղղում հարավ-հյուսիս ուղղությամբ: Եթե OMN եռանկյան հարթությունը լինի ուղղահայաց հորիզոնական հարթությանը, ապա ժամացույցի ձողը պետք է ամրացնել O կետում և ուղղել ON ուղղությամբ:

Դժվար չէ ցույց տալ, որ նման կառուցումը տալիս է ժամագծերի ճշգրիտ ուղղություններ: Եվ իրոք.



Նկ. 2. Արեղակնային ժամացույցի ժամադեղի կառուցման սխեման (երկրաչափական մեթոդով):

$\overline{ONK}$ հռանկյունուց ունենք՝

$$NK = OK \cdot \sin \varphi: \quad (1)$$

է ժամի համար, որը, օրինակ, համապատասխանում է d' կետին, $O'Kd'$ հռանկյունուց ունենք՝

$$O'K = Kd' \cdot \operatorname{ctgt}. \quad (2)$$

Բայց ըստ կառուցման

$$NK = O'K:$$

(1) և (2) հավասարությունների աջ մասերի հավասարեցումից կստանանք՝

$$OK \cdot \sin \varphi = Kd' \cdot \operatorname{ctgt},$$

կամ

$$\frac{Kd'}{OK} \sin \varphi \cdot \operatorname{tgt}:$$

Բայց

$$\frac{Kd'}{OK} = \operatorname{tg} x.$$

այսինքն ստանում ենք

$$\operatorname{tg} x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tgt}$$

հանրահայտ բանաձևը: Դրանով էլ ապացուցվում է, որ կառուցումները մաթեմատիկորեն միանգամայն հիմնավորված են:

Ուղղաձիգ արեգակնային ժամացույց կառուցելու համար հորիզոնական ժամացույցների գրաֆիկը զուգահեռ տեղափոխելով հենում են շենքի հարավային պատին, ON ձողը շարունակում մինչև պատի հետ հատվելը և այդ կետում այդ նույն ուղղությամբ ամրացնում փայտյա կամ երկաթյա ձող: Ձողի հիմքը միացնելով գծագրի ժամագծերի ու պատի հատման կետերին, կստանանք ուղղաձիգ արեգակնային ժամացույցի համապատասխան ժամագծերը:

Ճիշտ է, փոքր ճշտություն ունի, բայց համեմատյալ դեպս որոշ հետաքրքրություն է ներկայացնում անցյալ դարի կեսերին հայկական մամուլում նկարագրված «օրվա ժամի որոշումը ձախ ձեռքի միջոցով» մեթոդը:

Ձախ ձեռքին տանք այնպիսի դիրք, որ նա լինի հորիզոնական, ձեռքի ափը ուղղված լինի դեպի վեր և ցուցամատն ուղղված լինի արևելք-արևմուտք ուղղությամբ: Բութ մատով ձեռքի ափի միջին

զծի դիմաց ուղղաձիգ բռնենք ցուցամատի երկարութեանը հալածար մի ձող, Այդ ձողի ստվերը ցույց կտա ցերեկվա ժամերը հետեւյալ կերպ. եթէ ստվերն ուղղված լինի դեպի ցուցամատի ծայրը, ապա կլինի առավոտյան ժամը 6-ը, եթէ ուղղված լինի դեպի միջին մատի ծայրը՝ կլինի ժամը 7-ը: Ստվերը դեպի մատանու մատի ծայրն ուղղված լինելու դեպքում կլինի ժամը 8-ը, դեպի ճկույթի ծայրը՝ ժամը 9-ը, դեպի ճկույթի միջին խաղը՝ ժամը 10-ը, և դեպի ճկույթի հիմքը՝ ժամը 11-ը: Կեսօրին ստվերն ուղղված կլինի ձեռքի ափի միջին զծի ուղղությամբ: Ցերեկվա երկրորդ կեսի ժամերը որոշելու համար առաջարկվում է վարվել նման եղանակով: Սակայն դժվար չէ համոզվել, որ այդ դեպքում անհրաժեշտ կլինի օգտագործել աջ ձեռքը և ժամերը որոշել նշվածին հակառակ հաջորդականությամբ:

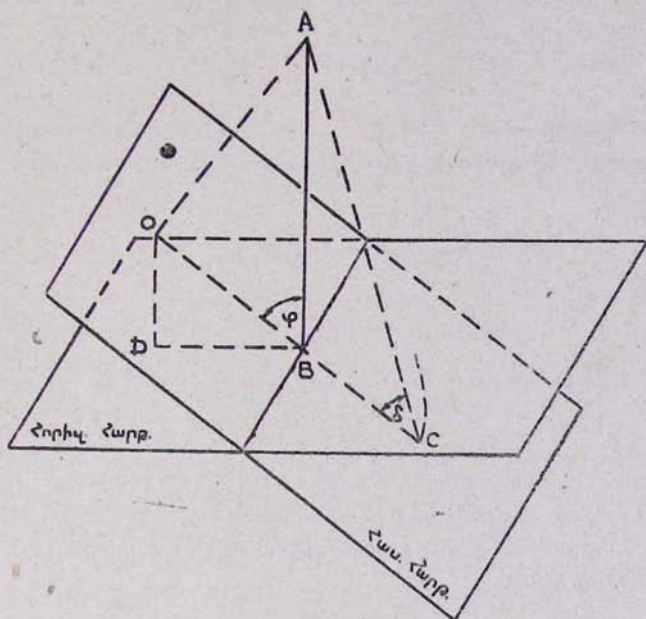
Ստվերաչափեր: Ինչպես հայտնի է, ուղղաձիգ առարկաների ստվերը օրվա տարբեր ժամերին ունենում է տարբեր երկարություն: Այսպես, այն առավոտյան լինում է երկար, այնուհետև սկսում է փոքրանալ, կեսօրին երկարությունը լինում է նվազագույնը, այնուհետև նորից սկսում է հետզհետե երկարել: Քանի որ տարվա ընթացքում փոփոխվում է Արեգակի բարձրությունը (որը հետևանք է նրա հակման փոփոխության), ուստի և ստվերի երկարությունը կախված է լինում նաև տարվա պահերից. միևնույն ժամին ստվերը ամառը լինում է կարճ (նվազագույն երկարություն ունենում է ամառային արևադարձի օրը), իսկ ձմեռը լինում է երկար (առավելագույն երկարությունը ունենում է ձմեռային արևադարձի օրը):

Օգտվելով ստվերի երկարության փոփոխության այդ օրինաչափություններից, հին և միջնադարյան Հայաստանում լայն կերպով օգտագործվել են ստվերաչափեր: Այդ մասին են վկայում Մատենադարանի ձեռագրերում պահպանվող մի շարք աղյուսակ-ստվերաչափերը: Ստվերաչափերի համար տրվող բացատրություններում նշված է այն մասին, որ հաշվումները կատարված են հարթ տարածության վրա կանգնած մարդու ստվերի երկարության համար. ընդ որում այդ երկարությունն արտահայտված է ոտնաչափերով:

Տեսնենք, թե ինչպե՞ս կարելի է որոշել օրվա ժամերը ստվերի երկարության միջոցով և ի՞նչ հավանական մեթոդով են կազմված հայկական աղյուսակ-ստվերաչափերը:

Ընդունելով այն հանգամանքը, որ օրվա ընթացքում Արեգակի հակումը գործնականորեն կարելի է համարել հաստատուն, այ-

սինքն Արեգակը իր օրական շարժումը կատարում է զուգահեռ Հասարակածի հարթությանը, կատանանք, որ ուղղաձիգ մարմինների ստվերի ծայրը հասարակածային հարթության վրա կգծի շրջանագիծ, իսկ տարածության մեջ՝ շրջանային կոն։ Դժվար չէ որոշել այդ ստվերի երկարությունը կեսօրին։ Դրա համար օգտվենք նկար 3-ից։



Նկ. 3. Ուղղաձիգ մարմնի ստվերի տեսքը բացատրող դժադիր։

AB ուղղաձիգ մարմնի A ծայրի ստվերի գծած շրջանային կոնի հիմքի շառավիղը հասարակածային հարթության վրա կլինի OC-ն, իսկ կեսօրվա ստվերի երկարությունը՝ BC-ն։ Ինչպես երևիում է գծագրից՝

$$OC = OA \cdot \operatorname{ctg} \delta = a \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \delta,$$

$$BC = OC - OB = a \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \delta - a \cdot \sin \varphi = a \sin \varphi (\operatorname{ctg} \delta - 1),$$

որտեղ a-ն ուղղաձիգ մարմնի երկարությունն է, իսկ φ-ն՝ Արեգակի հակումը, իսկ δ-ն՝ դիտման վայրի աշխարհագրական լայնությունը։

Գտնենք կոնական մակերևույթի հավասարումը, որպես սկզբնական ընդունելով O-ն, X-երի առանցքը ուղղված լինի OC-ով. Y-ների առանցքն ուղղահայաց լինի OC-ին և գտնվի հասա-

բաղաձային հարթության վրա, իսկ Z -երի առանցքն ուղղված լինի OA -ով: AC ուղիղի հավասարումը XOZ հարթության վրա կլինի

$$\frac{x}{OC} + \frac{z}{OA} = 1,$$

կամ

$$\frac{x}{a \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi} + \frac{z}{a \cdot \sin \varphi} = 1,$$

կոնական մակերևույթի հավասարումը կստանանք, եթե այդ ուղիղը պատենք OZ առանցքի շուրջը: Այդ հավասարումը կլինի՝

$$\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi} + \frac{z}{a \cdot \sin \varphi} = 1,$$

կամ

$$x^2 + y^2 = (a \cdot \sin \varphi - z)^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi \quad (3)$$

Մեզ հետաքրքրում է AB մարմնի զցած ստվերը հորիզոնական հարթության վրա: Նրա ստվերի ծայրը կգծի մի կոր, որի հավասարումները կստանանք, եթե (3) հավասարմանը որպես սխառեմ միացնենք հորիզոնական հարթության հավասարումը: Վերջինս գրենք նորմալ տեսքով: Ինչպես երևում է նույն զծագրից, սկզբնականից հորիզոնական հարթության վրա իջեցրած ուղղահայացի երկարությունը կլինի

$$OD = OB \cdot \sin(90^\circ - \varphi) = a \cdot \cos^2 \varphi,$$

և այդ ուղղահայացը կունենա նույն ուղղորդ կոսինուսները, ինչ որ AB -ն, այսինքն՝ $\cos \varphi$; O ; $\sin \varphi$: հարթության հավասարումը կլինի՝

$$x \cdot \cos \varphi + z \cdot \sin \varphi - a \cdot \cos^2 \varphi = 0,$$

իսկ սրունիկի գծի հավասարումները՝

$$(x^2 + y^2 = (a \cdot \sin \varphi - z)^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi,$$

$$|x \cdot \cos \varphi + z \cdot \sin \varphi - a \cdot \cos^2 \varphi = 0:$$

Հորիզոնական հարթության վրա ստվերի եզրագծի հավասարումն ստանալու համար կարելի է կատարել սկզբնականի զուգահեռ անղափոխություն B կետը և այնուհետև առանցքները համապատասխանաբար պտտել O ; 0 և $90^\circ - \varphi$ անկյան տակ: Այնու-

հետև կարող ենք գտնել ուղղաձիգ առարկայի ստվերի երկարության թիվը ցանկացած ժամվա (λ -երի առանցքի հետ կազմած անկյան) համար:

Նշված մեթոդը տեսականորեն միանգամայն հիմնավորված է, սակայն գործնականում կիրառելու ժամանակ բավականին երկար ու աշխատատար բարդ հաշվումների հետ է կապված: Նկատի առնելով այդ հանգամանքը, նշենք ավելի գործնական մեթոդ, որի օգնությամբ կարելի է հաշվել ուղղաձիգ առարկայի ստվերը տարվա ցանկացած օրվա ու ժամի համար:

Աստղագիտական կամ պարալակտիկ եռանկյունուց, կիրառելով սֆերիկ եռանկյունաչափության կոսինուսների բանաձևը, ստացվում է

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

հանրահայտ բանաձևը, որտեղ z -ը լուսատուի դեմիթալին հեռավորությունն է, t -ն՝ ժամային անկյունը, իսկ φ -ն և δ -ն ունեն նախկին նշանակությունները: Տեղի աշխարհագրական լայնությունը՝ φ -ն հայտնի է, աստղագիտական տարեգրից կլիբրցնենք Արեգակի հակումը տվյալ օրվա համար: t -ն, արտահայտված ժամանակի միավորներով, ցույց է տալիս կեսօրի հետ կազմած ժամը: Այդ արժեքները տեղադրելով (4) հավասարության մեջ, կստանանք z -ը, կամ h -ը ($h = 90^\circ - z$), այսինքն՝ թե տվյալ օրվա որոշակի ժամին ինչպիսի անկյունային բարձրություն ունի Արեգակը: Ուղղանկյուն եռանկյունուց, որի մի էջը առարկայի բարձրությունն է, իսկ դիմացի սուր անկյունը՝ h -ը, կորոշենք մյուս էջը, այսինքն ստվերի երկարությունը, որը հավասար կլինի $a \cdot \operatorname{ctg} h$ -ի՝ արտահայտված նույն միավորներով, ինչ միավորներով արտահայտված է իրեն՝ առարկայի բարձրությունը (a -ն):

Վերահիշյալ շրջանային կոնի հետ յուրաքանչյուր հարթության, մասնավորապես հորիզոնական հարթության հատման դիժը կլինի կոնական հատույթ: Հորիզոնական հարթության դիրքը կախված է տեղի աշխարհագրական լայնությունից. հետևաբար, կորի տեսքը կախված կլինի Երկրի մակերևույթի վրա դիտողի ունեցած դիրքից: Բևեռներում հորիզոնական հարթությունը զուգահեռ է հասարակածի հարթությանը, դրա համար էլ այդ կորը կլինի $OC = a \cdot \sin 90^\circ \cdot \operatorname{ctg} \delta = a \cdot \operatorname{ctg} \delta$ շառավղով շրջանագիծ: Ստվերը կերևա միայն դրական ծ-ներին համար: Բևեռային շրջանի ներսը կորը կլինի էլիպս: Ուղիղ բևեռային շրջանի վրա այն կլինի պարաբոլա,

խսկ մնացած լալնություններում կլինի հիպերբոլա: Վերջինս ալն գեպքում, երբ Արեգակն անցնի դիտողի զենիթով (ալն տեղի կունենա — $23^{\circ},5 \leq \varphi \leq +23^{\circ},5$ լալնություններում և ալն էլ տարվա մեջ երկու անգամից ոչ ավելի), վեր կածվի գեպի արևելք ու արևմուտք ուղղված ուղիղների գոյղի:

Այժմ անցնենք Մատենադարանի ձեռագրերում պահպանվող մի քանի աղյուսակ-ստվերաչափերի ստամնասիրությունը:

Մատենադարանի № 1999 ձեռագրի 253-րդ թերթում բերված է ստվերաչափի բոլորակի Արտաքին շրջանակի վրա գրված է՝ «եթէ կամիցիս դիտել զժամ ատուր կաց յուղեղ տեղոջ. և զստուերն որ ի քեան կանի շափեա ոտիւքդ. որպէս ցուցանէ Ա ժամեն մինչև ի ժԱ ըստ յուրաքանչիւր ժամոց և ամսոց որէ ի գլուխ կամարին»:

Բոլորակը ժամանակակից աղյուսակային տեսքով և պարունակած մեծությունների թվային նշանակություններով ներկայացնում է հետևյալ պատկերը.

Աղյուսակ 1

Ժամը	հուն.	փետր.	մարտ.	ապր.	մայիս	հուն.	հուլ.	օգ.	սեպ.	հոկ.	նոյ.	դեկ.
1	25	26	25	24	23	22	23	24	25	26	27	28
2	15	13	15	14	13	12	13	14	15	16	17	18
3	10	11	10	9	8	7	8	9	10	11	12	13
4	8	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11
5	6	5	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9
6	8	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8
7	10	5	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9
8	12	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11
9	15	11	10	9	8	7	8	9	10	11	12	13
10	17	13	15	14	13	12	13	14	15	16	17	18
11	25	26	25	24	23	22	23	24	25	26	27	28

Հասկանալի է, որ հունիս ամսվա համար պետք է լինեն ամենափոքր թվերը, իսկ մյուս ամիսներինը հունիսի տվյալների նկատ-

մամբ դասավորված լինեն սիմետրիկորեն: Սիմետրիկ դասավորված պետք է լինեն նաև կեսօրվա (ցերեկվա միջին ժամվա) նկատմամբ: Սակայն աղյուսակից երևում է, որ հունվար ու փետրվար ամիսներին համապատասխանող սյունակները չեն համընկնում նույնիսկ ու հոկտեմբեր ամիսներին համապատասխանող սյունակներին: Որոշք են դրանցից սխալ: Որ հունվար ու փետրվար ամիսների համար բերված թվերը սխալ են, դրանում կարելի է համոզվել թեկուզ նրանով, որ ամենափոքր թիվը ոչ թե համապատասխանում է 6-րդ ժամին, այլ հունվարի համար՝ 5-րդ, իսկ փետրվարի համար դրանք երկուսն են՝ 5-րդ և 7-րդ ժամերին: Բացի այդ, կեսօրի նկատմամբ սիմետրիկ դասավորված ժամերի թվերը հունվար ամսի համար նույնը չեն: Օգտվենք աղյուսակի մյուս օրինաչափությունից: Սկսած հունիսից, նույն ժամին հաջորդ (և նախորդ) ամիսների համար թվերը հաջորդաբար մեկական ավելանում են: Այդ օրինաչափությանը բավարարում են նաև հոկտեմբերի ու նոյեմբերի սյունակները, իսկ հունվարին ու փետրվարին չեն բավարարում: Օրինակ, փետրվարին ու ապրիլին առարկայի ստվերի երկարությունը նույն ժամին չի կարող լինել միևնույնը, քանի որ ապրիլին Արեգակը փետրվարի նկատմամբ բավականին բարձր է անցնում և, հետևաբար, ստվերը պետք է կարճ լինի. այնինչ աղյուսակի 5-րդ ժամի համար նրանց արժեքները գրված են նույնը:

Հաշվի առնելով բերված պատճառաբանությունները, հունվարի սյունակում վերից վար պետք է գրված լինեն՝ 27, 17, 12, 10, 8, 7, 8, 10, 12, 17, 27 թվերը, իսկ փետրվարի համար՝ դրանցից մեկական միավոր պակաս, այն է՝ 26, 16, 11, 9, 7, 6, 7, 9, 11, 16, 26:

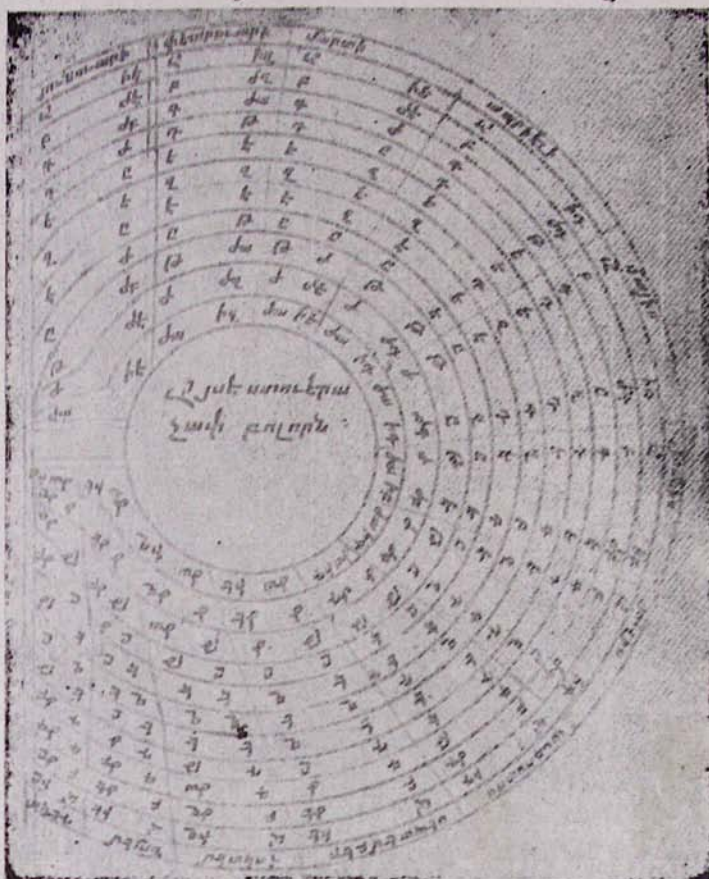
Սխալ է կատարված նաև հուլիս ամսվա 5-րդ ժամի և օգոստոս ամսվա 6-րդ ժամի համար, ուր Գ(3)-ի փոխարեն պետք է գրված լինի Դ(4) թիվը:

Մատենադարանի մի այլ ձեռագրում¹ կա ստվերաչափ-բոլորակ, որի տեսքը այլ է, բայց թվերը նման են մեր բերած աղյուսակի թվերին: Հունվարի համար սկզբում սխալ է կատարված հղել և ապա վրան ուղղված է. փետրվարը գրված է միանգամայն ճիշտ: Ըստ երևույթին ընդօրինակողը հունվարին սկզբում արտագրել է սխալ պարունակող ձեռագրից և ապա, զգալով սխալը, այն անմիջապես ուղղել է: Մատենադարանի № 2001 ձեռագրի 58ա թերթում

¹ Տե՛ս Ա. Արաբալյան, «Երազագու մատենագրություն», Երևան, 1944 թ.:

տրված է նույն բոլորակը առանց սխալների ու ուղղումների (տե՛ս նկ. 4)։

Իր արտաքին տեսքով և բերված թվերի արժեքներով նախորդներից բավականին տարբերվում է Մատենադարանի № 1973 ձե-



Նկ. 4. Մատենադարանի № 2001 ձեռագրի 55-րդ թերթի ստվերաչափը։

ռագրի 103-ր թերթում տրված աղյուսակ-ստվերաչափը։ Նախ՝ այն գրված է ժամանակակից աղյուսակի տեսքով, երկրորդ՝ հեղինակն աշխատել է օրինաչափություններ ստեղծել աղյուսակի թվերի մեջ, սակայն որոշ զեպքերում, ճշտությունը մեծացնելու նպատակով,

շեղվել է դրանցից: Վերջապես, երրորդ տարբերությունն այն է, որ այստեղ հանդիպում ենք նաև կեսեր արտահայտող թվերի: Վերջիններս գրված են ոչ թե $\frac{1}{2}$ կամ 0,5 տեսքով, այլ թվի կողքին գրվում է «0» նշանը: Աղյուսակի կեսօրվա ժամի սյունակի ներքևում գրված է «աւր հասրակ», այսինքն՝ կեսօր:

Բոլոր դեպքերում, անկախ աղյուսակի տվյալներից, հունիսին սիմետրիկ դասավորված ամիսների տվյալները պետք է նույնը լինեն: Այստեղ ևս այն պահանջվում է: Միայն մարտի սյունակում գտնվող 10, 7, 5 և 4 թվերի մոտ գրչի կողմից բաց է թողնված կեսի նշանը, իսկ մայիս ամսվա վերջին թվերը պետք է լինեն մեկական պակաս տված թվերից: Եթե նախորդ աղյուսակներում նույն ժամի համար ըստ ամիսների ավելանում էր մեկական միավոր, ապա այստեղ այդ բանը տեղի չունի: Մայիս և հուլիս ամիսների թվերը հունիս ամսվա թվերից տարբերվում են 0,5 միավորով, իսկ հաջորդ ամիսների համար այդ արժեքները կազմում են աճող թվաբանական պրոգրեսիա, որի տարբերությունը հավասար է 1,5 ռոմաշափի:

Աղյուսակը անգիր հիշելու համար բավական է հիշել նշված կանոնը և հունիսի կեսօրյա թիվը «1» և նրան հաջորդող 5 թվեր, այն է՝ 2, 4, 6, 10, 20:

Աղյուսակ 2-ում բերում ենք այդ ստվերաշափի տվյալները ըստ ամիսների՝ ժամանակակից թվային նշանակումներով և վերահիշյալ ուղղումներով:

Այս ստվերաշափում ամիսների դիմաց գրված են նաև համապատասխան կենդանակերպերի անունները: Ստվերաշափը մշուսների նկատմամբ ունի ավելի ընդարձակ բացատրադիր, որտեղ, բացի այն բանից, որ նշված է նրանից օգտվելու կանոնը, բացատրություն կա նաև այն մասին, թե որոշ տեղերում, երբ Արեգակը անցնում է զենիթով, մարմինները կեսօրին լինում են անստվեր և որ այդ պահին արևը մտնելով ջրհորների նեղ բերանից, լուսավորում է նրանց հատակը: Նկարագրման ձևը և օգտագործման դարձվածքները համեմատելով որոշ աշխատությունների հետ, պրոֆ. Ա. Աբրահամյանը եկել է այն եզրակացություն, որ սույն աղյուսակ-ստվերաշափի հեղինակն է VII դարի հայ մեծ գիտնական Անանիա Շիրակացին:

Թե՛ տեքստի ընդարձակությամբ և թե՛ բովանդակության օրիգինալությամբ ուշադրության արժանի է Մատենադարանի № 1973 ձեռագրի 136-րդ թերթում Շիրակացու «Որշափութիւն Շ.եկի» աշ-

խառնության այն մասը, որը վերաբերում է ուղղաձիգ առարկայի ստվերի երկարությանը օրվա ժամի որոշման կանոններին: Դրժ-րախտարար այդ ձևապատկերում հանդիպում են բավականին մեծ թվով սխալներ: Համեմատյան դեպք բերենք տեքստի այդ մասը առանց փոփոխության ենթարկելու:

Աղյուսակ 2

Ա ժ Ի ս ք	Ժ ա մ ր										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
հունվար	27,5	17,5	13,5	10,5	8,5	7,5	8,5	10,5	13,5	17,5	27,5
փետրվար	26	16	12	9	7	6	7	9	12	16	26
մարտ	24,5	14,5	10,5	7,5	5,5	4,5	5,5	7,5	10,5	14,5	24,5
ապրիլ	23	13	9	6	4	3	4	6	9	13	23
մայիս	20,5	10,5	6,5	4,5	2,5	1,5	2,5	4,5	6,5	10,5	20,5
հունիս	20	10	6	4	2	1	2	4	6	10	20
հուլիս	20,5	10,5	6,5	4,5	2,5	1,5	2,5	4,5	6,5	10,5	20,5
օգոստոս	23	13	9	6	4	3	4	6	9	13	23
սեպտեմբեր	24,5	14,5	10,5	7,5	5,5	4,5	5,5	7,5	10,5	14,5	24,5
հոկտեմբեր	26	16	12	9	7	6	7	9	12	16	26
նոյեմբեր	27,5	17,5	13,5	10,5	8,5	7,5	8,5	10,5	13,5	17,5	27,5
դեկտեմբեր	29	19	15	12	10	9	10	12	15	19	29

«Եթէ կամիս գիտել՝ թէ քանի ժամ է անցել յաւրեն. կամ ի քանի ժամն ես. առ փայտ ժի մատն հաւասար, միաշափ բաժանեալ. և կանգնեա զնայ ի դիր տեղւոյ. և տես զշուքն որ է ստուեր արեգականն, և նշանեալ զտեղին, և կործէ զփայտըն ի վերա ստուերին մինչև ի նշանն. և տես թէ քանի աշտիճան է առ, և բեր. ժի. թիւ ալ ի վերա. և տես թէ արեգակն յորում կենդանակերպոյ է: Թէ ի խեցգետինն է՝ առ Բ թիւ ի բաց, յառիւծն՝ Դ, ի կոյսն՝ Զ, և ի կարիճն՝ Ը, և յաղեղնաւորն ժ, և յալծեղջիրն ժի. և զայլն որ մնա՝ բաժանեա յիւ-

րեանց վերա ՀԲ: Որ մնա այնչափ ժամ է հլել յարեն: Եվ ի կէս աւուր ի վայր որչափ մնա՝ այնչափ մնացեալ է յարեն: Եւ թէ մասունք մնա զայն բաժանեալ ամէնին վերա. և այնչափ մասն, որչափ մնայ ի մանրամասանցն. հլեալ է ի միւս այլ ժամէն. Եւ ի կէս աւրն զորդ. Բ. մատն լինի ստուերն. որ է փայտին շուքն: Եվ թե Բ. Բ. անկանի վերա ի .ՀԲ.ուցն .Բ. ժամ է հլել յարեն: Եվ թէ. Գ. Գ. նայ Գ ժամ է հլել. և որ ի կարգին է: Եւ ապա որ մնա ի .ՀԲ.ուցն թէ .Գ. թէ .Դ. թէ .Ե: Բաժանեալ յամենին վերա: Եվ յորժամ Գ.ՀԲ.ն բաժանես ի վերայ աշտիճանացն, որ կրկնես և զաւելին ի զատ հանես. որչափ ինչ ի .ՀԲ.ուցն ամէն աշտիճանի համար ընդնի. այնչափ ժամ է հլել յարեն»:

Տեքստից երևում է, որ՝

1. Ի տարբերություն նախորդների, այստեղ առաջարկվում է չափել ոչ թե մարդու ստվերը ոտնաչափերով, այլ որպես ուղղաձիգ առարկա ընտրվում է 12 մատնաչափ երկարությամբ ձող և ստվերի երկարության չափումը կատարվում է այդ նույն քանոն-ձողով:

2. Մինչկեսօրյա ժամը (կամ, որ նույնն է՝ առավոտից որքան ժամ է անցել) գտնելու համար անհրաժեշտ է ստվերի երկարությանը գումարել 12, հանել հունիսից հետո եկող կենդանակերպերին համապատասխանող թվերը (այն է՝ 2, 4, 6 և այլն) և ստացված թվի վրա բաժանել 72-ը:

3. Եթե չափումը կատարվում է կեսօրից հետո, ապա արդյունքը ցույց կտա մինչև ցերեկվա վերջը մնացած ժամերի թիվը կամ այն հանելով 12-ից, կստանանք օրվա ժամը:

Երկրորդ կետից երևում է, որ կեսօրվա համար որպեսզի արդյունքում ստանանք 6, 72-ը պետք է ուղղակի բաժանել 12-ի: Նշանակում է՝ բոլոր ամիսների համար կեսօրվա ստվերի երկարության և համապատասխան կենդանակերպերի թվերը իրար պետք է հավասար լինեն (որպեսզի նրանց տարբերությունը հավասար լինի զրոյի): Բայց քանի որ հունիսի կենդանակերպի թիվը զրո է, նշանակում է զրո է նաև ձողի ստվերի երկարությունը: Հունիսի կեսին արևի հակումը մոտավորապես հավասար է 23,5 աստիճանի. առարկան ստվեր չի ունենա միայն $\varphi = 23^\circ 5'$, լայնության վրա: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ կանոնը տրված է $\varphi = 23^\circ 5'$ աշխարհագրական լայնության համար: Նույն դատողություններով ստացվում է, որ ժամը 5-ի (և 7-ի) համար ստվերի երկարությունը մատնա-

չափերով համապատասխան ամսվա թվերից մեծ պետք է լինի 2-ով, 4-ի (և 8-ի) համար՝ 6-ով, 3-ի (և 9-ի) համար՝ 12-ով, 2-ի (և 10-ի) համար՝ 24-ով և, վերջապես, 1-ին ու 11-րդ ժամերի համար այդ տարբերությունը պետք է կազմի 60 մասնաչափ:

Տեղի աշխարհագրական լայնության ստացված արժեքին կարելի է հանգել նաև հաշվի առնելով ըստ ամիսների ստվերի երկարության փոփոխության տվյալ օրինաչափությունը:

Ինչպես տեսանք, ուղղաձիգ առարկայի ստվերի եզրագիծը (հորիզոնական հարթության վրա) միջին լայնություններում դժուր է հիպերբոլա: Ընդ որում յուրաքանչյուր ժամվա համար ստվերի երկարության հաշվումները կապված են բավականին բարդ երկրաչափական ու եռանկյունաչափական հաշվումների հետ: Այս հանգամանքը, ոտքի թաթի մեծությունը որպես չափման միավոր ընդունելը (որը, անկասկած, մոտավոր արժեք կարող է լինել, բանի որ տարբեր մարդիկ, որպես կանոն, կունենան մարմնական վերջավորությունների տարբեր առանձնահատկություններ), ինչպես նաև աղյուսակների կառուցվածքը բերում են այն համոզման, որ ստվերաչափերը, ըստ երևույթին, կազմվել են ոչ թե տեսական հաշվումների հիման վրա, այլ գործնական չափումներ կատարելով: Նման դեպքերի հաճախ ենք պատահում աստղագիտության պատմության մեջ: Օրինակ՝ այդպես է եղել Արեգակի ու Լուսնի խավարումների կրկնման պարբերությունների հայտնաբերման ժամանակ: Մարդիկ օգտվում էին սարոսից, առանց ծանոթ լինելու դրա ճշգրիտ մաթեմատիկական հիմնավորմանը:

Չափումներ կատարելուց հետո ստվերաչափի թվերի մեջ աշխատել են որոշ օրինաչափություններ մտցնել՝ նպատակ ունենալով անգիր հիշել այդ աղյուսակը: Այս հանգամանքը ավելի գործնական էր դարձնում նման ստվերաչափ-ժամացույցների դերը և մեծ առավելություն տալիս ստվերաչափերին զնոմոնների նկատմամբ. որովհետև վերջիններս անշարժ դիրք ունեին, իսկ ստվերաչափերը կարող էին օգտագործվել ցանկացած վայրում, այն էլ առանց ձեռքի տակ դրանք ունենալու:

Ինչպես տեսանք, ստվերաչափերում թվերը տրված են ըստ ամիսների և մտցված են որոշ օրինաչափություններ: Անկասկած, այդ հանգամանքները որոշ չափով ազդում են աղյուսակների ճշտության վրա: Որպեսզի որոշել այս կամ այն ստվերաչափի ճշտության աստիճանը, նախ անհրաժեշտ է իմանալ, թե ո՞ր աշխարհագրական լայնության համար են դրանք հաշվված: Անցնենք Գ-ի որոշմանը:

Մարդու հասակը միջինում 7 անգամ երկար է իր ոտքի թափից², այսինքն՝

$$\operatorname{tgh} = \frac{7}{n},$$

որտեղ n -ը Արեգակի անկյունային հեռավորությունն է հորիզոնից, իսկ n -ը մարդու ստվերի երկարությունն է ոտնաչափերով: Մյուս կողմից՝

$$\operatorname{tgh} = \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi + \delta),$$

որտեղ φ -ն տեղի աշխարհագրական լայնությունն է, իսկ δ -ն՝ Արեգակի հակումը տվյալ օրվա համար:

Հավասարեցնելով վերջին երկու հավասարությունների աջ մասերը և տեղադրելով δ -ի ու n -ի արժեքները, կստանանք φ -ն: Նման հաշվարկումներ կատարելով, տեքստում բերված երկու ստվերաչափերի համար համապատասխանորեն ստանում ենք՝

$$\varphi_1 \approx 39^\circ,5 \text{ և } \varphi_2 \approx 31^\circ,5:$$

Ստվերաչափերի տվյալների միջոցով որոշելով տեղի աշխարհագրական լայնությունները, գալիս ենք այն համոզման, որ ստվերաչափերից ըստ երևույթին օգտվել են հին և միջնադարյան Հայաստանի գրեթե բոլոր լայնություններում:

Աղյուսակների ճշտության աստիճանի մասին գաղափար կազմելու համար ստորև բերված են երկու աղյուսակ, որոնց առաջին տողում տրված են ստվերի երկարությունը ըստ ստվերաչափի (ոտնաչափերով), իսկ երկրորդ տողում՝ այդ նույն մեծությունների արժեքները ըստ եռանկյունաչափական հաշվումների: Ինչպես երևում է աղյուսակների տվյալներից, ստվերաչափի թվերը շատ չեն տարբերվում հաշվումներից ստացված արժեքներից: Միաժամանակ

Աղյուսակ 3

Մարդու ստվերի երկարությունը (ոտնաչափերով) ամառային արեագարձի օրը, $\varphi \approx 31^\circ,5$ արժեքի համար

Ժ ա մ ե ը	12	11 և 13	10 և 14	9 և 15	8 և 16	7 և 17
Համ ստվերաչափի	1	2	4	6	10	20
Համ հաշվումների	1,0	2,0	3,7	6,0	9,4	16

² Այդպիսի հարաբերակցություն ընդունված է ինչպես բանդակագործության ու նկարչության մեջ, այնպես էլ պլաստիկ անատոմիայում:

Աղյուսակ 4

*Մարդու ստվերի երկարությունը (ստանդարտի) յուրաքանչյուր ամսվա
կեսի կեսերին ($\varphi = 31,5$)*

	հունիս	մայիս	ապրիլ	մարտ	փետրվար	հունվար	դեկտեմբեր
<i>Ըստ ստվերաչափի</i>	1	1,5	3	4,5	6	7,5	9
<i>Ըստ հաշվումների</i>	1	1,4	2,6	4,3	6,4	8,7	10

նակ, աշդդիսի շնորհիվ հնարավորություն է տալիս յուրաքանչյուրին, առանց բարդ հաշվումների գիմելու, ինքնուրույն կերպով կազմելու ստվերաչափ-աղյուսակներ:

Б. Е. ТУМАНЯН

СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ В ДРЕВНЕЙ АРМЕНИИ

Р е з ю м е

На многих старинных храмах Армении до сих пор сохранились солнечные часы. В рукописях Матенадарана имеются многочисленные тексты, в которых говорится о солнечных часах, употребляемых в разные времена и на разных широтах территории Армении.

Исследование этих часов показывает, что их в основном можно разделить на два типа.

1. Приборы,— так называемые гномоны, с помощью которых определяется время по направлению тени предметов.

2. Приборы,— тенеизмерители, с помощью которых определяется время с изменением длины тени предметов в течение дня.

В Армении в основном употреблялись вертикальные гномоны, т. е. такие солнечные часы, плоскость циферблата которых перпендикулярна плоскости горизонта и проходит через точки востока и запада. Такие часы (многие из них сохранились) устанавливались на южных стенах зданий (см. рис. 1).

Как на этих, так и на схемах других часов, в том числе и в таблицах, вместо цифр выведены буквы армянского алфавита, из коих первые девять обозначают единицы, следующие девять букв — десятки и т. д.

Нумерация циферблата часов начинается с утра и продолжается до вечерних часов — от единицы до 12. Это объясняется тем, что в древней Армении началом суток считался утренний рассвет.

Для построения часовых линий горизонтальных и вертикальных солнечных часов некоторые армянские авторы предлагали следующий, чисто геометрический метод.

Возьмем взаимно перпендикулярные прямые АВ и СД (рис. 2) и прямоугольный треугольник ОМN, острый угол которого равен географической широте местности (φ). Из точки N проводим NK перпендикулярно к гипотенузе до пересечения с прямой АВ. Проводим из точки О' полуокружность радиусом $O'K=KN$ и разделим ее на 12 равных частей. Точки деления соединим с центром окружности и полученные радиусы продолжим до пересечения с касательной С'Д' (11 СД). Если эти точки касательной соединим с точкой О, то получим соответствующие направления часовых линий.

В горизонтальных солнечных часах плоскость циферблата устанавливается горизонтально и линия АВ проходит по направлению юг-север. В этом случае направление гномона будет ON, если плоскость треугольника будет перпендикулярна к горизонтальной плоскости.

Понятно, что такое построение дает правильные направления часовых линий.

Для построения вертикальных гномонов график горизонтальных солнечных часов подводится к южной стене здания, вежа ON продолжается до пересечения со стеной и в этой точке в таком же направлении ставится железный или деревянный стержень. Соединив основание стержня с точками пересечения часовых линий вышеприведенного чертежа со стенкой, получим соответствующие часовые линии вертикальных солнечных часов. Правда, имеет малую точность, но все-таки можно определить время дня с помощью левой руки. Если левую руку держать горизонтально ладонью кверху так, чтобы

указательный палец был направлен в сторону восток-запад, и большим пальцем вертикально (напротив средней линии ладони) держать стержень длиной указательного пальца, то тень стержня покажет время. Так, тень, направленная к концу указательного пальца, означает 6 часов утра, а к концу среднего пальца 7 часов. К 8 часам тень приходится к концу безымянного пальца, к 9 часам — к концу мизинца. Время 10 и 11 часов соответствует направлению тени к суставу и основанию мизинца. В полдень тень будет направлена к средней линии ладони. Аналогичным образом можно определить и время для второй половины дня.

Тенеизмерители. Как известно, длина тени вертикальных предметов изменяется в течение дня. Утром и вечером она бывает наибольшая, а в полдень — наименьшая. Длина тени зависит также от времени года, т. е. от склонения Солнца.

За день склонение Солнца считается практически постоянным, поэтому тень конца вертикального предмета на плоскости небесного экватора опишет окружность, а в пространстве — круговой конус. Пересечение любой плоскости с поверхностью этого конуса даст коническое сечение. Положение горизонтальной плоскости зависит от широты места; поэтому вид кривой пересечения зависит от места наблюдателя на поверхности Земли. На полюсе горизонтальная плоскость параллельна плоскости экватора, поэтому там эта кривая представляет окружность, а внутри полярного круга эллипс, точно на полярном круге будет парабола, а в остальных широтах она будет гипербола. Последняя, если Солнце проходит через зенит данного места (это случится на широтах от $-23,5^\circ$ до $+23,5^\circ$ по два раза в течение года), разложится на прямые, направленные через восток-запад.

Но если тень вертикального предмета на горизонтальной плоскости описывает гиперболы, то это означает, что расчеты таблиц, показывающие время по длине тени предметов, должны быть сравнительно сложные.

В качестве вертикального предмета в Армении принимался человек, а длина тени измерялась в ступнях. В армянских рукописях таблицы-тенеизмерители приводятся с некоторы-

ми приближениями (округлениями). Для середины каждого месяца дается одна таблица. Точные данные даются для дня летнего солнцестояния — для июня, а чтобы легко запомнить таблицы для других месяцев, эти же цифры увеличиваются на определенные числа (например, в одной из таблиц увеличиваются на 1 для мая и июля, на 2—для апреля и августа, на 3—для марта и сентября и т. д.).

Несомненно, такое исчисление принято было в некоторой степени за счет точности табличных величин.

В работе определены географические широты, для которых построены эти тенеизмерители. Расчеты показывают, что тенеизмерителями пользовались почти во всех районах древней и средневековой Армении.

Знание географической широты дает возможность определить точность расчетов таблиц. О точности расчетов тенеизмерителей можно судить по данным табл. 3 и 4, где в первой строке даны длины тени в ступенях по тенеизмерителю, а во второй строке—те же данные, определенные по тригонометрическим формулам.

Как показывают таблицы, расхождения между расчетными данными и данными тенеизмерителя не очень большие, зато они дают возможность составить таблицу-тенеизмеритель и легко ее запомнить.