

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,  
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ  
ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԱՐՏՅՈՄ ՍԵՐՅՈՒԺԱՅԻ ԾԱՏՈՒՐՅԱՆ

ՀԻԴՐՈԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՆԻՎԵԼԻՐԱՅՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ  
ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ԵՎ ՉԱՓՄԱՆ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ  
ԲԱՐՁՐԱՑՈՒՄԸ

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2023

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА  
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА  
АРМЕНИИ

ЦАТУРЯН АРТЕМ СЕРЕЖАЕВИЧ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО  
НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

АВТОРЕФЕРАТ

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

ЕРЕВАН 2023

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

**Գիտական ղեկավար՝**

տեխն. գիտությունների դոկտոր

Հովսեփ Սերգեյի Պետրոսյան

**Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝**

տեխն. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

Պարույր Սերգեյի Էֆենդյան

տեխն. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

Էմիլ Հարությունի Խաչատրյան

**Առաջատար կազմակերպություն՝**

Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2024թ. հունվարի 26-ին ժամը 14<sup>00</sup>-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանին (ՃՇՀԱՀ) կից գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի 030 «Շինարարություն» մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ.105:

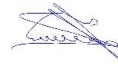
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում: Հասցեն՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փող. 17/1:

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

Սեղմագիրն առաքված է 2023թ. դեկտեմբերի 25-ին:

**Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝**

տեխն. գիտ. թեկնածու, դոցենտ



Հ. Գ. Քելեջյան

---

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении.

**Научный руководитель:**

доктор технических наук

Петросян Овсеп Сергеевич

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор

Эфендян Паруйр Сергеевич

доктор технических наук, профессор

Хачатрян Эмил Арутюнович

**Ведущая организация:**

Национальный аграрный университет Армении


Защита состоится 26-го января 2024г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета 030 «Строительство» ВАК РА, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении. Адрес: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

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

С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте Национального университета архитектуры и строительства Армении: [www.nuaca.am](http://www.nuaca.am)

Автореферат разослан 25-го декабря 2023 г.

Ученый секретарь специализированного совета:



кандидат технических наук, доцент

О. Г. Келеджян

## **ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ**

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Ժամանակակից տեխնոլոգիաների զարգացմանը զուգընթաց զարգանում է նաև քաղաքացիական և արդյունաբերական շինարարության, հանքարդյունաբերության, հիդրոտեխնիկական, հատուկ նշանակության ու եզակի կառույցների շինարարության ոլորտները: Նշված կառույցների շինարարությունը սկսվում և ավարտվում է քարտեզագրագեոդեզիական աշխատանքներով: Գեոդեզիական չափումներն իրականացվում են ոչ միայն նախագծման և կառուցման, այլ նաև դրանց շահագործման ընթացքում, կամ շահագործումից հետո: Անհրաժեշտ է մշտադիտարկում իրականացնել կառույցների հիմքերի և դրանց առանձին կոնստրուկցիաների դեֆորմացիաները որոշելու համար:

Շինարարության ծավալների ավելացման հետ ավելանում է նաև գեոդեզիական չափումների ծավալը: Իսկ դրանք ժամանակին և որակով կատարելու համար, անհրաժեշտություն է առաջանում գեոդեզիական գործիք-սարքավորումները կատարելագործել:

**Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:** Հետազոտման գլխավոր նպատակն է կատարելագործել և ժամանակակից տեսքի բերել հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգը, ավտոմատացնել դիտարկվող տվյալների գրանցման և դրանց մշակման գործընթացները:

Աշխատանքի նպատակին հասնելու համար առաջադրվել են հետևյալ խնդիրները:

Կատարելագործել հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգը, բարձրացնել չափումների ճշտության աստիճանը, ավտոմատացնել չափագրված տվյալների մշակումն: Դրանք լուծելու համար անհրաժեշտ են.

- ավտոմատացնել հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգը՝ օգտագործելով նոր էլեկտրաէլեմենտային բազա, մշակել չափումների ավտոմատացման ալգորիթմ,

- կատարելագործել կառավարման և գրանցման բլոկն այնպես, որ առանց մասնագետի միջամտության, դիտարկված թվային տվյալները գրանցվեն համակարգչային պահոցում,

- հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգն ապահովել համապատասխան ինտերֆեյսով, որը հնարավորություն է տալիս դիտարկված տվյալները համացանցի միջոցով իրական ժամանակում տեղափոխել մեկ ընդհանուր կենտրոն, դրանց մշակման և վերլուծական աշխատանքներ կատարելու համար:

### **Հետազոտության մեթոդաբանությունը:**

- Ուսումնասիրել հետազոտման առարկային վերաբերող գրականությունը:
- Կատարելագործված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգում բարձրացնելով չափագրման ճշտության աստիճանը, հնարավորություն

կատեղծվի գործնականում մշակված մեթոդաբանությամբ բարձր ճշտությամբ որոշելու կառույցների հիմքերի և դրանց առանձին կոնստրուկցիաների ուղղաձիգ դեֆորմացիաները:

**Աշխատանքի գիտական նորույթը:**

- Մշակվել է ալգորիթմ, որը հնարավորություն է տալիս կատարելագործված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգում բարձրացնել չափման ճշտությունը և դիտարկված տվյալներն ավտոմատ ռեժիմով փոխանցել կառավարման և գրանցման բլոկ,

- Մշակվել է ինտերֆեյս, որի միջոցով իրական ժամանակի ռեժիմով փոխանցված չափման արդյունքներն ուղարկվում են մեկ ընդհանուր աշխատատեղ, դրանք մշակելու և համապատասխան վերլուծական աշխատանքներ կատարելու համար,

- Կատարելագործված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի փորձարկումների արդյունքում ստացել ենք 0,04...0,05 մմ չափման ճշտություն, որը մի քանի անգամ գերազանցում է նախկին հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի 0,2 մմ ճշտությանը:

- Մշակվել է դիտարկման յուրաքանչյուր հսկիչ կետում տեղակայված տվիչում հեղուկի մակարդակի բարձրացման և իջեցման ժամանակ հաշվեցույցերի ավտոմատ գրանցման համակարգ, որով հաշվարկվում է տվյալ հսկիչ կետում կրկնակի վերազանցումներ: Դրանով ապահովվում է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի չափագիտական ինքնաատեստավորում, հավասարեցվելով հեղուկի պլեզոմետրիական գիծը:

**Աշխատանքի գործնական նշանակությունը:**

Կատարելագործված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգում մշակված ալգորիթմով ավտոմատացվում են դիտարկման աշխատանքները, բարձրացվում չափումների կատարման արտադրողականությունը և ճշտության աստիճանը, որով բացառվում են նաև մասնագետի կողմից թույլ տրված սխալները: Դրանով նվազեցվում է կատարվող աշխատանքների ինքնարժեքը, բացի այդ կապը համացանցի հետ թույլ է տալիս հավաքագրել չափումների տվյալները մեկ ընդհանուր կենտրոնում, որը հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրել և հետազոտել մի շարք կառույցների դեֆորմացիոն գործընթացները և ունենալ ամբողջական օբյեկտիվ պատկերը: Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգը ներկայացվել է պատենտավորման, որի հոնարարության բանաձևը ձևակերպված է հետևյալ տեքստով՝ «Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման եղանակով հետազոտվող մի խումբ կետերի կրկնակի չափագրման փոխարեն, չափիչ համակարգում ներառյալ հեղուկի մակարդակի առաջին փոփոխությունով հեղուկի շարժով բարձրանում է հեղուկի մակարդակը, երկրորդ փոփոխությունով՝ հեղուկի մակարդակն իջնելով գրանցվում են չափման տվյալները և մշակվում, ստուգվում յուրաքանչյուր կետում չափման ճշտությունը, դրանով պայմանավորված պարզեցվում է չափման գործընթացը, բարձրացնելով

աշխատանքի արտադրողականությունը, կրճատելով ուսումնասիրվող կետերի տվյալների մշակման ժամանակահատվածը, իսկ պահանջվող տվյալների հավաքագրման համար օգտագործվում է GSM մոդեմների ցանց և սերվեր»:

**Պաշտպանությանը ներկայացվում են.**

- գործող հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի հետազոտությունների արդյունքում հայտնաբերված թերությունները, որը հիմք է հանդիսացել դրանց վերակառուցման ու ավտոմատացման անհրաժեշտությունը,

- կառավարման և գրանցման բլոկի մշակված էլեկտրոնային սխեման, դիտարկված հաշվեցույցների հաշվարկը, լաբորատոր փորձերի արդյունքները, կրկնակի չափման միջոցով վերազանցումների որոշման ճշտության բարձրացումը,

- տարբեր կառուցներում տեղադրված ՀԴՆՀ-ի աշխատանքները մեկ կենտրոնից կառավարելու հնարավորությունները:

**Հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը:** Գիտական նորույթի, առաջարկությունների և եզրակացությունների հավաստիությունն հաստատվում են՝

- կատարելագործված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի լաբորատոր հետազոտություններից և տեսական հաշվարկներից ստացված արդյունքներով,

- հաշվարկային արդի ծրագրերի օգտագործման միջոցով չափագրված տվյալների մշակման ալգորիթմով,

- չափագրված տվյալների մշակման արդյունքում ստացված բարձր ճշտության տվյալների ապահովումը՝ ներկայում գործող շինարարական նորմերով նախատեսված դեֆորմացիաների որոշման ներկայացվող պահանջներին:

**Հետազոտության արդյունքների նախափորձահավանությունը:**

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները (հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի լաբորատոր հետազոտություններ) փորձարկվել են 2017-2021 թվականներին ՃՀԱՀ-ի ակադեմիկոս Ռ.Հ. Մովսիսյանի անվան Գեոդեզիայի պրոբլեմային լաբորտորիայում:

**Ատենախոսության հրապարակումները:** Ատենախոսական աշխատանքի թեմայով հրապարակվել է 13 գիտական հոդված, որոնք ներկայացված են գրականության ցանկում:

ՀՀ էկոնոմիկայի նախարարության մտավոր սեփականության գրասենյակի կողմից 23.08.2021 թ. ներկայացված N AM 20210067Y հայտի 01.12.2021 թ. տվել է Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի գյուտի կարճաժամկետ N 684 Y արտոնագիրը:

**Ատենախոսության կազմը և ծավալը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 3 գլխից, եզրակացություններից և առաջարկություններից, օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքը շարադրված է

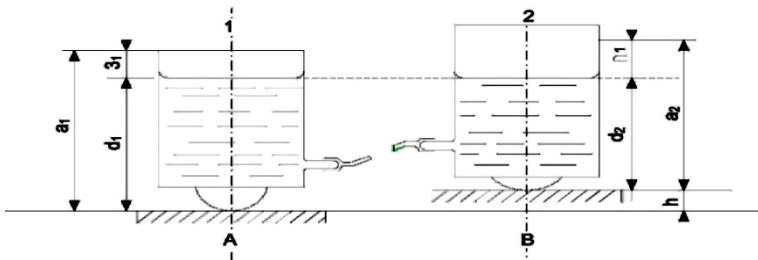
համակարգչային եղանակով՝ տպված 127 էջի վրա՝ ներառելով 51 նկար, 9 աղյուսակ, 88 անուն գրականության ցանկ:

### ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՑ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

**Առաջին գլուխում** ներկայացված է պատմական ակնարկ նիվելիրացման տարբեր եղանակներով կառույցների ուղղաձիգ ձևախախտումների որոշման մեթոդների և դրանց առանձնահատկությունների մասին: Քանի որ ատենախոսական աշխատանքի թեման վերաբերում է հիդրոնիվելիրացման եղանակով կառույցների հիմքերի և դրանց առանձին կոնստրուկցիաների ձևախախտումների որոշմանը, դրա համար հիմնականում մանրամասն ներկայացվել է կառուցվածքներին, աշխատանքի սկզբունքներին, չափման մեթոդներին և ճշտության աստիճանի գնահատմանը:

Հիդրոնիվելիրացման բոլոր մեթոդներից ամենատարածվածը հանդիսանում է հիդրոստատիկ նիվելիրացումը, որն օգտագործվում է գեոդեզիական չափագրման աշխատանքներում:

Հիդրոստատիկ նիվելիրացման սխեմատիկ տեսքը բերված է նկ. 1-ում:



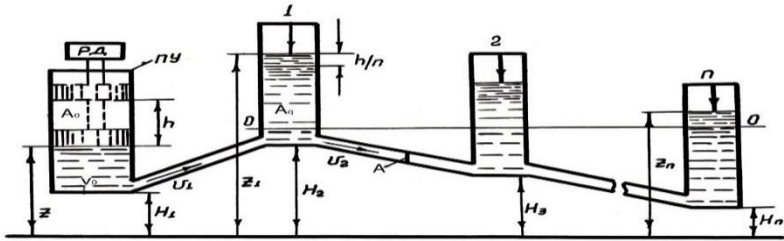
Նկ.1. Հիդրոստատիկ նիվելիրացման համակարգի սխեման

Հիդրոստատիկան ուսումնասիրում է հեղուկի հավասարակշռության օրենքը, որտեղ համասեռ հեղուկի դեպքում հաղորդակից անոթներում հորիզոնները պետք է լինեն հավասար, այսինքն հեղուկի յուրաքանչյուր կետում ճնշումը բոլոր ուղղություններով հավասար է: Հեղուկի որևէ կետում ճնշման մեծությունը պայմանավորված է արտաքին ճնշումով և հեղուկի ազատ մակերևույթի բարձրությամբ:

Հիդրոմխոսային նիվելիրացումը հիմնված է այն սկզբունքի վրա, որի դեպքում հեղուկի շարժումը հաղորդակից անոթներում ապահովում է մխոցի միջոցով: Մխոցի դեպի ներքև հավասարաչափ տեղաշարժման ժամանակ մխոցի հավասարաչափ տեղափոխությունն իրականացվում է PД-09 ունեռսիվ շարժիչի օգնությամբ (նկ. 2):

Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման գաղափարի սկզբունքային տարբերությունը հիդրոստատիկ նիվելիրացումից այն է, որ հետազոտվող

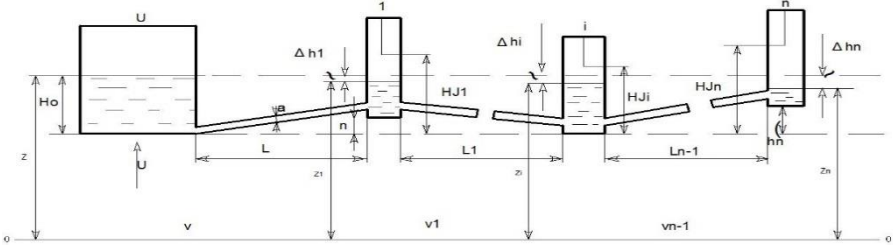
հսկիչ կետերի վերազանցումների չափումը կատարվում է անոթներում հեղուկի մակարդակի ըստ ժամանակի անընդհատ փոփոխության միջոցով:



Նկ. 2. Հիդրոմխոցային նիվելիրացման համակարգի սխեման

**Երկրորդ գույքը** նվիրված է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի (ՀԴՆՀ) աշխատանքի սկզբունքին, չափման տեսությանը և սխալներին: Քանի որ ստուգվող հսկիչ կետերի վերազանցումների չափումներն անց են կացվում հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգում հեղուկի մակարդակի անընդհատ փոփոխության պայմաններում:

Նիվելիրացվող հսկիչ կետերում տեղադրվում են միանման հաղորդակից՝ 1, i, n անոթներ, որոնք միացված են (u) հավասարակշռման բաքին (Նկ. 3):



Նկ.3. Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի սխեման

Բոլոր անոթներում տեղադրված է գլանաձողի ազդանշանիչ՝ էլեկտրոդ-ասեղ: Հավասարակշռման բաքի D տրամագիծը և F կտրվածքի մակերեսը շատ անգամ մեծ են տվիչների (D<sub>i</sub>) տրամագծերից և (F<sub>i</sub>) կտրվածքների մակերեսներից: ՀԴՆՀ-ում կոնտակտային ձողերը կամ էլեկտրոդ-ասեղներն անշարժ են և չափումները կատարվում են հաղորդակից բոլոր անոթներում հեղուկի մակերևույթի համաչափ բարձրացմամբ:

Հավասարակշռման բաքի մեջ գտնվող աշխատանքային հեղուկի մակերևույթը սկսած  $t_0 = 0$  պահից, անընդմեջ հավասարաչափ բարձրանում է և հեղուկը սկսվում է հաղորդակից անոթներով շարժվել: Ամեն մի հատվածի համար առանձին կարելի է գրել կաթիլային հեղուկի ոչ ստացիոնար

շարժման հավասարումներն, անտեսելով անոթում գտնվող հեղուկի իներցիան, եթե խողովակաշարն ունի մշտապես նույն տրամագիծը և մթնոլորտային ճնշումն անոթի վրա նույնն է:

Ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը՝

$$Z - Z_1 = \frac{\alpha \omega^2}{2g} \left[ \left( \frac{V - V_1}{F_1} \right)^2 - \frac{V^2}{F^2} \right] + \frac{l}{g} \frac{dv}{dt} + \sum h';$$

$$Z - Z_2 = \frac{l_1}{g} \frac{dV_1}{dt} \tag{1}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$Z_{n-1} - Z_n = \frac{l_{n-1}}{g} \frac{dV_{n-1}}{dt} + \sum h_{n-1}':$$

Ամեն մի անոթի համար հեղուկի հոսանքի շարժման անխզելիության հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{dZ}{dt} = U - \frac{\omega}{F} \cdot V; \quad \frac{dZ_1}{dt} = (V - V_1) \frac{\omega}{F_1};$$

$$\dots\dots\dots \tag{2}$$

$$\frac{dZ_{n-1}}{dt} = \frac{\omega}{F_1} (V_{n-2} - V_{n-1}); \quad \frac{dZ_n}{dt} = \frac{\omega}{F_1} V_{n-1}:$$

Չափման սկզբում անոթների մեջ գտնվող հեղուկի մակարդակն ունի տատանողական բնույթ, բայց որոշակի ժամանակից հետո,  $t$  ( $t - t = 15^\circ - 20^\circ \text{C}$ ) գործողությունը դառնում է կայուն և անոթների միջև եղած հեղուկների մակարդակների միջև ստեղծվում է բարձրությունների տարբերություն  $\Delta h_1, \Delta h_2, \dots, \Delta h_n$ : Հեղուկի շարժման բանաձևն ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$Z - Z_0 = \frac{\alpha \omega^2}{2g} \left[ \left( \frac{V - V_1}{F_1} \right)^2 - \frac{V^2}{F^2} \right] + \frac{l}{g} \frac{dv}{dt} + \sum h';$$

$$Z_1 - Z_n = \sum h_1';$$

$$\dots\dots\dots \tag{3}$$

$$Z_{n-1} - Z_n = \sum h_{n-1}':$$

իսկ մակարդակային անխզելիությունը մնում է անփոփոխ: Հավասարումներից երևում է որ հարևան անոթների մեջ գտնվող հեղուկների տարբերությունը հավասար է էներգիայի կորստին

$$Z - Z_1 = \text{const}; \quad Z_1 - Z_2 = \text{const}; \quad Z_n - Z_{n-1} = \text{const};$$

$$\frac{dz}{dt} - \frac{dZ_1}{dt} = 0; \quad \frac{dZ_1}{dt} - \frac{dZ_2}{dt} = 0$$

$$\dots\dots\dots \tag{4}$$



$$dZ_{n-1} = \frac{dZ_1}{dt} = \frac{dZ_2}{dt} = \dots = \frac{dZ_n}{dt}.$$

Այսինքն՝ անոթի մեջ գտնվող հեղուկների մակարդակների արագությունները հավասար են: Հեղուկի մակարդակի դիրքը չափվում էր  $t_0$  – ից մինչև  $t_i$  պահը, երբ որևէ  $i$ -րդ անոթում հեղուկի մակերևույթը հավում է էլեկտրոդ-ասեղի ծայրին: Չափման արդյունքները լրացուցիչ մշակվել են հարևան տվիչների հեղուկի հորիզոնների տարբերությունը ստանալու համար ( $Z - Z_1$ ,  $Z_1 - Z_2$ ,  $Z_n - Z_n + 1$ ): Առաջին չափման ցիկլում փորձնականորեն ստացված այս արժեքները հիմք են հանդիսացել յուրաքանչյուր հաջորդ չափման համեմատության համար: Բոլոր ազդանշաններից տեղեկատվություն ստանալուց հետո չափման գործընթացը վերջանում է և համակարգը բերվում է սկզբնական վիճակի: Նկ. 3-ից երևում է, որ՝  $h_i = H_0 - (H_{i-1} - \Delta h_i)$ : Վերազանցումների որոշման ճշտության բարձրացման նպատակով, չափումներն անհրաժեշտ է իրականացնել, երբ շարժման արագությունը դառնում է ստացիոնար և նրա ու հաստատուն արժեքների տարբերությունը փոքր է պահանջվող ճշտությունից:

**Երրորդ գլուխը** նվիրված է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի վերակառուցանը, չափման ճշտության բարձրացմանը, գործընթացի ավտոմատացմանը և դրա լաբորատոր փորձարկումներին: Գեոդեզիական չափումների ծավալներն ընդլայնելու, ինչպես նաև չափման գործընթացը պարզեցնելու նպատակով խնդիր է դրվել իրականացնել աշխատանքներ՝ չափումների ավտոմատացման ուղղությամբ: Այս տեսակետից անհրաժեշտ է նշել նախ երևանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտում ստեղծված հիդրոդինամիկական նիվելիրացման եղանակը, որը հնարավորություն է տալիս արագացնել, պարզեցնել և հուսալի դարձնել ուսումնասիրվող մի շարք հսկիչ կետերի ուղղաձիգ տեղաշարժերի որոշման գործընթացը:

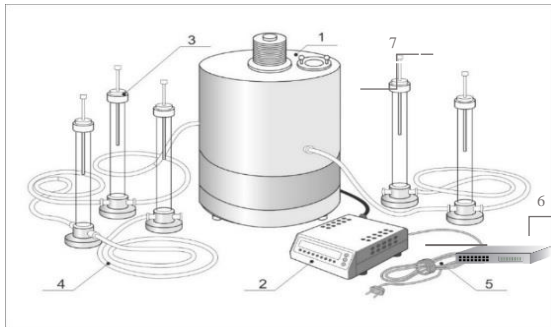
Էլեկտրոնային նոր տարրերի բազայի վրա վերականգնվել է ՀԴՆՀ-ի աշխատանքը: Կատարելագործվել է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման կառավարման և գրանցման բլոկի էլեկտրոնային սխեման, որով հաջողվեց ձեռքբազատվել ամեն մի հաշվիչի համար անհատական պլատաների, համապատասխանաբար դրանց մոնտաժումից և կարգավորումից:

Համակարգում մեխանիկական հաշվիչները փոխարինվեց էլեկտրոնային հաշվիչներով (մեկ թվային վահանակով): Նախկինում էլեկտրամեխանիկական բոլոր հաշվիչները ձեռքով բերվում էր 0-ական վիճակի: Տրանզիստորային հաշվարկման բլոկները յուրաքանչյուր հաշվիչի համար փոխարինվեց միկրոսխեմաներով սնուցման մեկ ընդհանուր բլոկով, որի միջոցով հաշվարկը սկսվում է 0-ական տվիչից և չափվող տվիչների տվյալները գրանցվում են հիշողության սարքում: Մշակված ՀԴՆՀ-ի էլեկտրական սխեման փոխվել է այնպես, որ հաշվեցույցի հաշվարկը սկսում է ոչ թե որոշակի 0 մակարդակից, այլ աշխատանքային հեղուկն էլեկտրոդ-ասեղի հետ հպման առաջին պահից,

այսպես կոչված հիմնային տվիչից մինչև վերջին տվիչին հավելը, հավասարակշռման բաքը վերադառնալով ելման դիրք, մինչև հաջորդ չափումը:

Կատարելագործվել է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման ավտոմատ կառավարման և գրանցման բլոկը (նոր տեսակի ցուցիչներ, միկրոսխեմաներ և այլն), դրանով փոքրացվել է բլոկի չափերը և քաշը (թեթևացնելով ավելի քան մի քանի անգամ): Նկ.4-ում ներկայացված է կատարելագործված ՀԴՆՀ-ի փորձանմուշի ընդհանուր տեսքը:

ՀԴՆՀ-ով վերազանցումների որոշման իմպուլսները ձևավորվել են ֆոտոդիոդ-լամպ զույգի օգնությամբ իր առանցքի շուրջը պտտվող սկավառակի հետ համատեղ, որի պարագծի եզրագծի երկայնքով արված 50 բաժանարար ճեղքվածքները ձևավորել են 50 իմպուլսներ և համապատասխանող գծային միավորը կազմել է 0,05 մմ: Կատարվել է ծրագրային փոփոխություն, որի արդյունքում իմպուլսների նման հաշվարկը փոխարինվել է ժամանակահաշվարկով (էլեկտրոնային ժամացույցով), դրանով իսկ բարձրացվել է չափման ճշտության աստիճանն՝ բաժանմունքի արժեքն, արտահայտված գծային միավորով, կազմվելով 0,000072 մմ: Ժամանակահաշվարկը հանգեցրել է ուղղաձիգ դեֆորմացիայի չափման  $10^{-5}$  ճշտության բարձրացման, ի հաշիվ այն բանի որ չափմաների կատարման տևողության գուծող եղանակների նկատմամբ կրճատվել է երկու կարգով:



Նկ. 4 Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի ընդհանուր տեսքը

1-Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի աշխատանքային հեղուկի հավասարակշռման բաք, 2-հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի ավտոմատ կառավարման և գրանցման սարք, 3-հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի տվիչ, 4-աշխատանքային հեղուկի սնուցման խողովակ, 5-էլեկտրասնուցման լար, 6-համացանցին միանալու ռադիոմոդեմ, 7-էլեկտրոդ ասեղ:

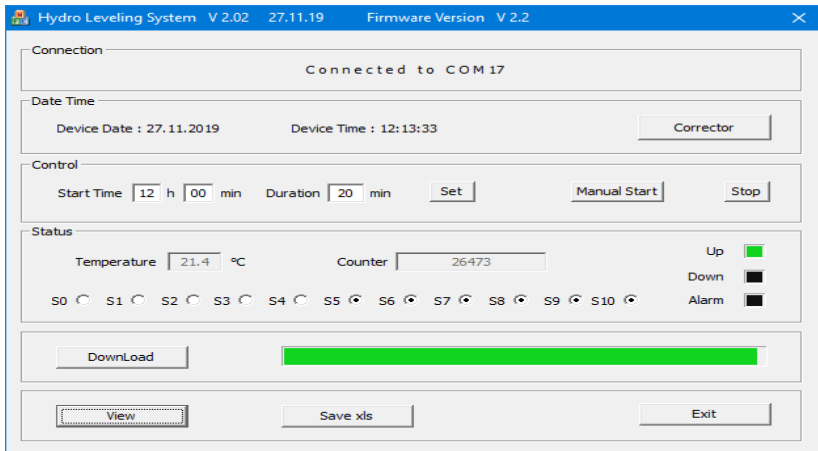
Նոր կատարելագործված բլոկի արտաքին տեսքը ներկայացված է նկ. 5-ում:

Բլոկն աշխատում է փոփոխական հոսանքի սնուցման ցանցից, 220Վ լարմամբ և 50/60 Հց հաճախությամբ: Օրը մեկ անգամ, նախատեսված ժամին ավտոմատ կերպով աշխատում է «սկիզբ» հրամանը և կատարվում է չափում: Չափումն իրականացվում է աշխատանքային հեղուկով լիքը հավասարակշռման բաքի հավասարաչափ բարձրացմամբ էլեկտրական շարժիչի օգնությամբ:

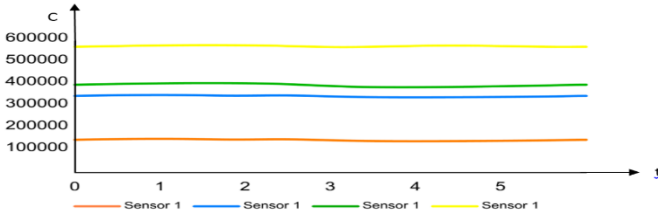


Նկ. 5 ՀԴՆՀ-ի էլեկտրոնային բլոկի տեսքը

Տվիչները միացված են աշխատանքային հեղուկի բաքին հաղորդակից անոթների միջոցով: Հեղուկի մակարդակը տվիչներում հավելվով էլեկտրոդ-ասեղին գրանցվում է հաշվեցույց, և չափված տվյալները փոխանցվում են կառավարման և գրանցման բլոկի հիշողության մեջ: Բոլոր միացված տվիչների տվյալները գրանցելուց հետո, գործարկվում է «կանգ» հրամանը, և հավասարակշռման բաքը վերադառնում է իր սկզբնական դիրքին: Մշակված ալգորիթմի միջոցով հիշողության սարքում գրանցված տվյալները մուտքագրվում են համակարգիչ և էկրանին արտահայտվում թվային և գրաֆիկական տեսքով (նկ.7, նկ. 8.):

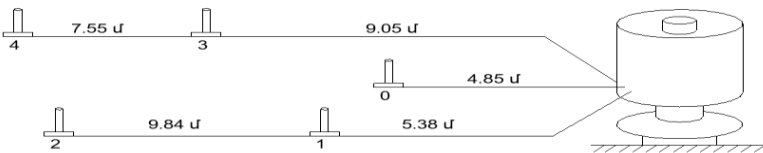


Նկ. 7. Համակարգչային ծրագրի տեսքը էկրանին



Նկ.8. Համակարգչի էկրանին պատկերված գրաֆիկական տվյալների տեսքը

Լաբորատոր փորձարկումները կատարվել են ըստ ստորև բերված սխեմայի (նկ.10): Որպես չափման միավոր ընտրվել է իմպուլսների քանակը, օգտագործելով էտալոնային ապակե նմուշ ( $h=10,06$  մմ և  $h=25,65$  մմ): Հետազոտվող հսկիչ կետերի համար կատարվել են չափումներ առանց էտալոնային ապակե նմուշի և էտալոնային ապակե նմուշով:



Նկ. 10. Հավասարակշռման բաքից խողովակներով միացված տվիչների միջև եղած հեռավորությունների սխեման

Լաբորատոր փորձարկումները կատարվել են 2 ցիկլով (աղ. 1):

Աղյուսակ 1

*Իմպուլսների ցիկլի տվյալներն ըստ դիտարկման օրերի*

| Տվիչ  | Իմպուլսների թիվն ըստ օրերի, 1-ին ցիկլ (առանց էտալոնային նմուշի), $N_1$ |          |          |          |          | Միջին թվաք. |
|---|--|----------|----------|----------|----------|-------------|
|   | h/h  | 01-05-19 | 02-05-19 | 03-05-19 | 04-05-19 |             |
| 1   | 259507   | 260660   | 261532   | 261453   | 260789   | 260788,2    |
| 2   | 230100   | 230739   | 231214   | 231876   | 230322   | 230850,2    |
| Տվիչ  | Իմպուլսների թիվն ըստ օրերի, 2-րդ ցիկլ (էտալոնային նմուշով), $N_2$      |          |          |          |          | Միջին թվաք. |
|   | h/h  | 06.05.19 | 07.05.19 | 08.05.19 | 09.05.19 |             |
| 1   | 401821   | 400633   | 399672   | 398558   | 398110   | 399758,8    |
| 2   | 589563   | 588811   | 586709   | 585514   | 587840   | 587687,4    |
| 1-ին և 2-րդ ցիկլերի տարբերությունը, $N_2 - N_1$ |  |          |          |          |          |             |
| 1   | 142314   | 139973   | 138140   | 137105   | 137321   | 138970,6    |
| 2   | 359463   | 358072   | 355495   | 353638   | 357518   | 356837,2    |

Առաջին և երկրորդ ցիկլերի տարբերությունը համապատասխանում է էտալոնային նմուշի հաստությանը: Մեկ իմպուլսին համապատասխան գծային միավորը որոշելու համար էտալոնային նմուշի հաստության արժեքը ( $h$ ) բաժանվել է 1-ին և 2-րդ ցիկլերի իմպուլսների տարբերության ( $N_2 - N_1$ ) միջին թվաբանական արժեքի վրա:

Է 1-ին և 2-րդ ցիկլերի էտալոնային նմուշին համապատասխանող մեկ իմպուլսի արժեքը՝

$$C_1 = \frac{h_1}{N_2 - N_1} = \frac{10,06 \text{ մմ}}{138970,6} = 0,0000724 \text{ մմ} \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{h_2}{N_2 - N_1} = \frac{25,65 \text{ մմ}}{356837,2} = 0,0000718 \text{ մմ}:$$

Միջին թվաբանական սխալը կկազմի՝

$$C = \frac{0,0000724 + 0,0000718}{2} = 0,000072 \text{ մմ}:$$

Առաջին և երկրորդ էտալոնային նմուշների  $h_1$ -ի և  $h_2$ -ի չափված արժեքները՝

$$h_1 = (N_2 - N_1)C = 138970,6 \cdot 0,000072 = 10,006 \text{ մմ}$$

$$h_2 = (N_2 - N_1)C = 356837,2 \cdot 0,000072 = 25,692 \text{ մմ} \quad (6)$$

Չափման սխալը կազմել է՝

• առաջին էտալոնային նմուշի համար՝  $f = 10,06 - 10,006 = 0,054 \text{ մմ}$ ,

• երկրորդ էտալոնային նմուշի համար՝  $f = 25,692 - 25,65 = 0,042 \text{ մմ}$ :

Այսպիսով լաբորատոր փորձերի արդյունքում ի հաշիվ այն բանի որ չափման միավորի արժեքը փոքրացվել է մոտ 1000 անգամ, ստացվեց որ մեկ իմպուլսն արտահայտված գծային միավորով, համապատասխանում է 0,000072 մմ, իսկ միջին քառակուսային սխալը կազմում է՝  $m \approx 0,05$  մմ: ՀԴՆՀ-ի հաջորդ լաբորատոր փորձարկման ժամանակ ուղիղ և հակադիր ուղղությամբ չափումների միջոցով լուծվել է ՀԴՆՀ-ի ինքնատեստավորման խնդիրը: Փորձերի արդյունքները ցույց տվեցին, որ հակադիր ուղղությամբ չափումների արդյունքների բացարձակ արժեքները տարբերվում են ուղիղ ուղղությամբ կատարված չափումներից: Դա բացատրվում է նրանով, որ ասեղից կաթիլի պոկվելու պահը տեղի է ունենում որոշ հապաղումով, սակայն վերազանցումների համեմատական արժեքները պահպանվում են: Մշակվել և ներկայացվել է Microsoft Excel ծրագրով, որտեղ ներկայացված են իմպուլսները թվային տեսքով ըստ օրերի, ժամերի և ջերմաստիճանի (աղյուսակ.2):

Հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի չորսօրյա լաբորատոր փորձերի տվյալների արդյունքները

| Տվյալի հ/հ                   | Ինդուկսների քանակն ըստ օրերի, ժամերի |                            |                            |                            | Միջին քվար.  | Տվյալների ինդուկսների տարբերությունների հաշվարկ |                            |                            |   | Տվյալների ինդուկսների տարբերությունների բառակուսիների հաշվարկ |                            |                            |   | ՉԱՆԱԿ   |                             |                                |          |        |      |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|---|----------------------------|----------------------------|---|---|----------------------------|----------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------------------|----------|--------|------|
|                              | 22<br>06.12.19<br>12:02:20           | 21<br>05.12.19<br>12:02:19 | 20<br>04.12.19<br>12:02:19 | 19<br>03.12.19<br>12:02:18 |  | 22<br>06.12.19<br>12:02:20                      | 21<br>05.12.19<br>12:02:19 | 20<br>04.12.19<br>12:02:19 | 19<br>03.12.19<br>12:02:18                            | 22<br>06.12.19<br>12:02:20                                    | 21<br>05.12.19<br>12:02:19 | 20<br>04.12.19<br>12:02:19 | 19<br>03.12.19<br>12:02:18                  | Ինդուկսների գծային միավորների միջին քանակության տարբերությունների |                             |                                |          |        |      |
| Ինդուկսները ըստ ջերմաստիճանի |                                      |                            |                            |                            | Տվյալների ինդուկսների տարբերություններն իրենց միջին թվաբանական արժեքից |   |                            |                            | Տվյալների ինդուկսների տարբերությունների քանակուսիները |   |                            |                            | Տվյալների ինդուկսների քանակուսիների գումարը | Ցուրաբակտր ինդուկսի միջին քանակուսին արժեքը                       | Ցված միջին քանակուսիի սխալը | Ինդուկսները արտահայտված գծային |          |        |      |
| 7.4 °C                       |                                      |                            |                            | 7.5 °C                     |  |   |                            | 7.9 °C                     |   |   |                            | 7.7 °C                     |   |   |                             | Մուտք -1-ին ցիկլ               |          |        |      |
| Մուտք -1-ին ցիկլ             |                                      |                            |                            |                            | Մուտք -1-ին ցիկլ   |   |                            |                            | Մուտք -1-ին ցիկլ                                      |   |                            |                            | Մուտք -1-ին ցիկլ                            |   |                             |                                |          |        |      |
|                              |                                      |                            |                            |                            | Δ1   | Δ2  | Δ3                         | Δ4                         | Δ1 քառ.   | Δ2 քառ.   | Δ3 քառ.                    | Δ4 քառ.                    | Σ Δ1+...+Δ6                                 | Σ Δ1+...+Δ6 / 6   | m2                          | m1                             |          |        |      |
| 1                            | 101911                               | 101827                     | 102038                     | 101844                     | 101905.00  | 1   | -6.00                      | 78.00                      | -133.00   | 61.00   | 1                          | 36.00                      | 6084.00                                     | 17689.00  | 3721.00                     | 27530.00                       | 4588.33  | 165.92 | 0.01 |
| 2                            | 98336                                | 98415                      | 98606                      | 98765                      | 98530.50   | 2   | 194.50                     | 115.50                     | -75.50  | -234.50   | 2                          | 37830.25                   | 13340.25                                    | 5700.25   | 54990.25                    | 111861.00                      | 18643.50 | 334.46 | 0.02 |
| 3                            | 111358                               | 111186                     | 111178                     | 111119                     | 111210.25  | 3   | -147.75                    | 24.25                      | 32.25   | 91.25   | 3                          | 21830.06                   | 588.06                                      | 1040.06   | 8326.56                     | 31784.75                       | 5297.46  | 178.28 | 0.01 |
| 4                            | 81069                                | 80997                      | 81397                      | 81281                      | 81186.00   | 4   | 117.00                     | 189.00                     | -211.00   | -95.00  | 4                          | 13689.00                   | 35721.00                                    | 44521.00  | 9025.00                     | 102956.00                      | 17159.33 | 320.87 | 0.02 |
| Ելք -2-րդ ցիկլ               |                                      |                            |                            |                            | Ելք -2-րդ ցիկլ   |   |                            |                            | Ելք -2-րդ ցիկլ  |   |                            |                            | Ելք -2-րդ ցիկլ                              |   |                             |                                |          |        |      |
| 1                            | 77985                                | 77761                      | 78167                      | 77996                      | 77977.25   | 1   | -7.75                      | 216.25                     | -189.75   | -18.75  | 1                          | 60.06                      | 46764.06                                    | 36005.06  | 351.56                      | 83180.75                       | 13863.46 | 288.41 | 0.02 |
| 2                            | 57317                                | 57257                      | 57810                      | 57745                      | 57532.25   | 2   | 215.25                     | 275.25                     | -277.75   | -212.75   | 2                          | 46332.56                   | 75762.56                                    | 77145.06  | 45262.56                    | 244502.75                      | 40790.46 | 494.47 | 0.04 |
| 3                            | 44262                                | 44190                      | 44998                      | 44662                      | 44528.00   | 3   | 266.00                     | 338.00                     | -470.00   | -134.00   | 3                          | 70756.00                   | 114244.00                                   | 220900.00   | 17956.00                    | 423856.00                      | 70642.67 | 651.04 | 0.05 |
| 4                            | 51724                                | 51518                      | 51936                      | 51805                      | 51745.75   | 4   | 21.75                      | 227.75                     | -190.25   | -59.25  | 4                          | 473.06                     | 51870.06                                    | 36195.06  | 3510.56                     | 92048.75                       | 15341.46 | 303.40 | 0.02 |

Այստեղից 1 ինդուկտը արտահայտված գծային միավորով կազմում է 0,00072մմ, 1մմ-ը համապատասխանում է 13889 ինդուկտ:

Միջին քանակության սխալի արժեքները բազմապատկելով մեկ ինդուկտի գծային արժեքով, արդյունքում ստացվել է ինդուկսներն արտահայտված գծային միավորով (մմ):

$$L = (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n) / n = [l_n] / n \quad (7)$$

Չափման  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  արդյունքների պատահական սխալները կլինեն՝

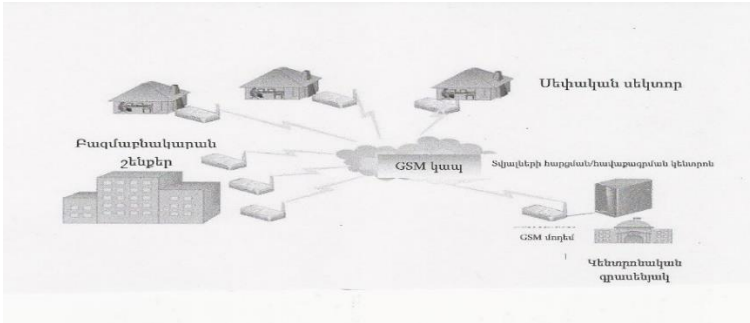
$$\Sigma \Delta / n = \Sigma l_n / n - X, \quad [\Delta] / n = L - X \quad (8)$$

Տվյալների միջին քանակության սխալը որոշվել են  $m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n-1}}$  բանաձևով:

Վերագանցումները գծամետրով ստանալու համար անհրաժեշտ է յուրաքանչյուր ցիկլի համար ինդուկսներով արտահայտված միջին քանակության սխալը՝  $m$ -ը բազմապատկել մեկ ինդուկտի գծային արժեքով, որը հավասար է 0,000072մմ: Որից հետո համեմատվում են ուղիղ և հակադիր չափումների տվյալները և որոշվում է սահմանային թույլատրելի սխալը:

Լուծվել է նաև հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի կապը համացանցի հետ համապատասխան ինտերֆեյսով, որը հնարավորություն է տվել դիտարկված տվյալները գլոբալ համացանցի միջոցով իրական ժամանակի ռեժիմով տեղափոխել մեկ ընդհանուր կենտրոն, դրանց մշակման և վերլուծական աշխատանքները կատարելու համար, մշտադիտարկում կազմակերպել GSM համացանցով: Յուրաքանչյուր ՀԴՆՀ-ի կառավարման և

գրանցման բլոկում ինտերֆեյսի և առկա ելքի-պորտի միջոցով ապահովել կապ անձնական համակարգչի հետ, որի միջոցով էլ իրականացվում է ելք դեպի համացանց: Դրանով հնարավորություն է ստեղծվել մեկ ընդհանուր կենտրոնից կառավարել տարբեր հեռավորության վրա գտնվող մի խումբ ՀԴՆՀ-ների աշխատանքային գործընթացը (նկ. 9):



Նկ. 9. Մշտադիպարկման կազմակերպումը GSM ցանցի միջոցով

Ուսումնասիրվել է նաև հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի չափագրման սխեմաների տեսակները՝ կախված օբյեկտի հատակագծի երկրաչափական պարամետրերից:

### ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ուսումնասիրվել է գործող հիդրոստատիկ, հիդրոդինամիկական, հիդրոմիսցոցային նիվելիրացման համակարգերի աշխատանքի տեսական և գործնական սկզբունքների, դրանց չափման ճշտությունների վերաբերյալ տեղեկություններ: Կիրառման արդյունավետության և նպատակահարմարության համեմատականներ են տրվել հիդրոդինամիկական և հիդրոստատիկ նիվելիրացման համակարգերի մասին, տրվել են այդ համակարգերի օգտագործման թերություններն, որոնք չեն համապատասխանում ժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառման պահանջներին:

2. Ուսումնասիրվել է հիդրոդինամիկական նիվելիրացման համակարգի աշխատանքի սկզբունքը, չափման մեթոդիկան, չափման ճշտության աստիճանի գնահատումը և հեղուկի շարժման ռեժիմը, տրվել են գործող համակարգի թերությունները և դրանց վերակառուցման ու ավտոմատացման անհրաժեշտությունը: Համակարգի ավտոմատացման ներդրումը թույլ է տալիս բարձրացնել չափման ճշտությունը, արտադրողականությունը, չափումները կատարել հեռակառավարմամբ, նվազեցնել չափագրված տվյալների մշակման աշխատաժամանակը և այլն:

3. ՀԴՆՀ կառուցվածքում առկա երկու փականները փոխարինվելով մեկով,

հնարավորություն է ստեղծվել կատարել չափումների ավտոմատացում և հեռակառավարում, որի համար մոտավորապես չորս անգամ կրճատել են դիտարկման տևողությունը:

4. Կառավարման և գրանցման բլոկի մշակված էլեկտրոնային սխեմայով հնարավորություն ստեղծվեց ձերբազատվել ամեն մի հաշվիչի համար անհատական պլատաններից, համապատասխանաբար դրանց մոնտաժումից և կարգավորումից

5. ՀԴՆՀ-ի նոր մշակված էլեկտրական սխեմայով դիտարկված հաշվեցույցների հաշվարկը սկսվում է ոչ թե որոշակի տրված 0 մակարդակից, այլ աշխատանքային հեղուկ մակերևույթը էլեկտրոդ-ասեղի հետ հպման առաջին պահից, այսպես կոչված ելային տվիչից մինչև վերջին տվիչի էլեկտրոդ-ասեղի հետ հպվելը: Կատարվել է կառավարման և գրանցման բլոկի հաշվիչի գրանցման սարքում փոփոխություն, որի արդյունքում պարզեցվել է համակարգի կառուցվածքը, փոքրացվել կառավարման և գրանցման բլոկի չափերն ու քաշը, բարձրացվել տվյալների մուտքագրման զգայունությունը:

6. Իմպուլսներ ձևավորող հանգույց ֆոտոդիոդ-լամպը և պտտվող սկավառակը փոխարինվել է ժամանակահաշվարկով (էլեկտրոնային ժամացույցով, որի ճշտության աստիճանը կազմում է  $10^{-5}$  վրկ.), դրանով իսկ բարձրացվել է չափման ճշտության աստիճանն, այսինքն՝ հնարավորություն է ստեղծվել բարձր ճշտությամբ ֆիկսել տվիչներում աշխատանքային հեղուկի բարձրացող մակերևույթի հպման պահն էլեկտրոդ ասեղին: Այս դեպքում չափման բաժանմունքի արժեքն, արտահայտված գծային միավորով, նախինում ստացված 0.048 մմ փոխարեն՝ կազմել է 0,000072 մմ:

7. Լաբորատոր փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ ստացված վերազանցումների արժեքները գտնվում են համակարգի չափման ճշտության թույլատրելի սխալների որոշման տիրույթում: Դա նշանակում է, որ կրկնակի չափման միջոցով ապահովում ենք վերազանցումների որոշման ճշտության բարձրացումը, ինչը հնարավորության է ստեղծում լուծել նաև համակարգի ինքնատեստավորման խնդիրը:

8. ՀԴՆՀ-ի կատարելագործման արդյունքները հնարավորություն է տալիս մեկ ընդանուր կենտրոնից առ ցանց կառավարել տարբեր կառույցներում տեղադրված սարքերի աշխատանքները, մեկ կենտրոնում մշակել և վերլուծել չափման տվյալների արդյունքները, տալ եզրակացություն կառույցների կոնստրուկցիաների ուղղաձիգ ձևախախտումների վերաբերյալ:

9. Հաշվի առնելով նոր նյութերի կիրառման, ինչպես նաև ժամանակակից տեխնոլոգիաների զարգացման հնարավորությունները, տարվող նախագծային աշխատանքին զուգընթաց, մշակել նաև սարքերի ձևաստեղծման ինքնատիպ՝ հետագա սերիական արտադրության համար:



## ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. ՀԴՆՀ նպատակահարմար է կիրառել այն աշխատանքային տարածքներում, որտեղ չափագրվող կետերին հասանելիությունը դժվար է, իսկ որոշ դեպքերում միջավայրը վնասակար է (բարձր ջերմաստիճան, ռադիացիա, վիբրացիա և այլն) մասնագետի առողջության համար: Բացի դրանից իր ինքնարժեքով ամենաէժան է:

2. Հաշվի առնելով, որ ՀՀ տարածքը համարվում է ակտիվ սեյսմոգոտի, դրա համար ավտոմատացված ՀԴՆՀ կարելի է կիրառել գետղեգիական և սեյսմոլոգիական գեոդինամիկական պոլիգոնների տարածաշրջանների երկրակեղևի ուղղաձիգ տեղաշարժերն որոշելու գործընթացում:

3. Բարձրահարկ կառույցների հիմքերի հիմնատակերի նստվածքների երկարաժամկետ հսկողության համար առաջարկվում է դրանց շահագործման պահից նկուղային հարկերում տեղադրել ավտոմատացված ՀԴՆՀ: Գործող նորմաներով նախատեսված ձևախախտումների դեպքում հնարավոր կլինի ճշտել պատճառները և ժամանակին տեխնիկական միջոցառումներ կիրառվի դրանց վերացման համար:

4. ՀԴՆՀ նախորդ տարբերակներում աշխատանքային հեղուկի հավասարակշռման բաքի բարձրացման և իջեցման մեխանիզմն ուներ ռեդուկտորով (արագության տուփ) միկրոշարժիչի և մեխանիկական ձողերի պարուրակների միջոցով կառուցված բարդ կինեմատիկ սխեմա, որի շահագործումը ժամանակի մեջ բերում էր որոշակի խոչընդոտների՝ քսահեղուկների չորացում, շփվող մասերի մաշվածություն և այլն, հանգեցնելով համակարգի ոչ ռիթմիկ աշխատանքին, ինչն իր հերթին բերում էր տվիչնրում գրանցվող ցուցմունքների փոփոխության, ազդելով չափումների ճշտության վրա: Առաջարկվում է բարդ վերամբարձ մեխանիզմից ձերբազատվել, իսկ դրա փոխարենն օգտագործել աշխատանքային հեղուկի ինքնահոս սկզբունքն՝ ապահովելով աշխատանքային հեղուկի շարժումը հաղորդակից անոթներով, իսկ հաջորդ չափումը սկսելու համար, դատարկել հեղուկը և վերականգնել դրա սկզբնական մակարդակը աշխատանքային հեղուկի հավասարակշռման բաքի (ԱՀՀԲ) մեջ տեղադրված պոմպի շնորհիվ: Որպիսզի ապահովվի հաջորդ ցիկլի աշխատանքը, համակարգի տվիչների մեջ գտնվող աշխատանքային հեղուկը պոմպի միջոցով վերադարձնում ենք ԱՀՀԲ:

## **Ատենախոսության հիմնական դրույթները և արդյունքները հրատարակված են հետևյալ աշխատանքներում**

1. Հ. Ս. Պետրոսյան, Ժ. Ս. Մարգարյան, Ա. Ս. Ծատուրյան ՀՀ տարածքի երկրա-կեղևի ուղղաձիգ շարժերի հետազոտման հիմնավորումները, Հայաստանի շինարարների միության Տեղեկագիր, Երևան 2015թ. N1, էջ 103-139:
2. Հ. Ս. Պետրոսյան, Պ. Վ. Համբարձումյան, Գ. Պ. Նալբանդյան, Ա. Ս. Ծատուրյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման ավտոմատացված սարք, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություն, Երևան 2017, 4(67), էջ 133-139:
3. Ա. Ս. Ծատուրյան, Մ. Ռ. Վարդանյան, Հ. Ս. Պետրոսյան, Պ. Վ. Համբարձումյան, Գ. Պ. Նալբանդյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման սարքի լաբորատոր հետազոտություններ, տեղեկագիր, Երևան 2018/3 (60), էջ 11-17:
4. Ա. Ս. Ծատուրյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման սարքի չափագրման սխեմաների տեսակները կախված օբյեկտի հատակագծային լուծումից, տեղեկագիր, Երևան 2019/3 (64), էջ 44-50:
5. Ա. Ս. Ծատուրյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման համակարգի աշխատանքի արդյունավետության բարձրացումը ինպուլսի հաշվիչի, տեղեկագիր, Երևան 2019/4 (65), էջ 44-50:
6. Օ. Ս. Петросян, П. В. Амбарцумян, А. С. Цатурян, Ф. А. Паликян Высокоточный гидродинамический нивелир для автоматизированного определения превышений, Ереван 2019 4/75, Ст. 93-101.
7. Ա. Ս. Ծատուրյան, Հ. Ս. Պետրոսյան, Պ. Վ. Համբարձումյան, Ս. Կ. Պետրոսյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման համակարգի չափման ճշտության բարձրացման մեթոդը, տեղեկագիր, Երևան 2020/3 (68), էջ 70-76:
8. H.S.Petrosyan, M.V.Markosyan, P.V.Hambartsumyan, A.S.Tsaturyan, S.K.Petrosyan “System of hydroleveling with self-calibration”, Contemporary Problems of Architecture and Construction, Procc, 12-th Intern. Conf. Contemp.Probl. of Archtecture and Constr. Sankt-Peterburg, 2020, 14-16oct.
9. Ա. Ս. Ծատուրյան, Հ. Ս. Պետրոսյան, Պ. Վ. Համբարձումյան, Ս. Կ. Պետրոսյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման համակարգի փորձանմուշների տվյալների վերլուծություն, գիտական աշխատություն, Երևան 2021/ 2(80), էջ 77-84:
10. Ա. Մ. Բաղդասարյան, Հ. Ս. Պետրոսյան, Ա. Ս. Ծատուրյան Հիդրոդինամիկ նիվելիրացման համակարգի դիզայն նախագծման ֆունկցիոնալ ձևատեղծման առանձնահատկությունները, գիտ. աշխատություն, Երևան, 2022/1(82), էջ 23-30:
11. H.S.Petrosyan, M.V.Markosyan, P.V.Hambartsumyan, A.S.Tsaturyan INTERACTIVE SISTEM OF HYDRO DINAMIC LEVELLING(ISHDL), Տեղեկագիր բարձր տեխնոլոգիաների, Ստեփանակերտ 2022/1(19), էջ 19-30:
12. H.S.Petrosyan, M.V.Markosyan, P.V.Hambartsumyan, A.S.Tsaturyan INTERACTIVE SISTEM OF HYDRO DINAMIC LEVELLING(ISHDL), Տեղեկագիր բարձր տեխնոլոգիաների, Ստեփանակերտ 2022/1(19), էջ 19-30:

**ЦАТУРЯН АРТЕМ СЕРЕЖАЕВИЧ**  
**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО**  
**НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**  
**РЕЗЮМЕ**

Основной целью НИР является усовершенствование и модернизация системы гидродинамического нивелирования, созданной ранее, в 1975-88 гг., с возможностью автоматизации процесса регистрации и обработки данных наблюдений, обеспечивая при этом соответствующим интерфейсом, портом, что позволяет данные наблюдений в режиме онлайн через глобальный Интернет передать в один общий центр для аналитической работы. Для этого были выполнены следующие работы.

1. Подробно изучены теоретические и практические принципы работы гидростатических, гидродинамических, гидропоршневых систем нивелирования, оценена точность их измерения. Проведен сравнительный анализ указанных систем для выявления эффективности и целесообразности их использования, а также недостатков эксплуатации, не отвечающих требованиям современных технологий.

2. Изучены принцип работы автоматизированной системы гидродинамического нивелирования (АСГДН), методика измерения и режим движения жидкости, оценена точность измерения, приведены недостатки существующей системы и обоснована необходимость реконструкции и автоматизации, что позволяет увеличить не только точность измерения, но и производительность, а также выполнять измерения дистанционно, сократить рабочее время обработки измеренных данных и т. д.

3. Два клапана в конструкции СГДН были заменены на один, что позволило автоматизировать процесс измерения и обеспечить дистанционное управление, сократив продолжительность наблюдения в четыре раза.

4. Разработанная электронная схема блока контроля и регистрации привела к упрощению конструкции системы, к уменьшению габарит и массы блока контроля и регистрации, а также к повышению чувствительности ввода данных. Механические счетчики заменены электронной одноразрядной панелью.

5. Благодаря автоматизации процесса измерения отчет начинается не с определенного заданного уровня 0, а с первого момента касания поверхности рабочей жидкости с электродом-иглой, от так называемого исходного датчика до момента касания в последнем датчике с электродом-иглой, после чего балансировочный бачок рабочей жидкости возвращается в режим покоя. Разница в высоте  $\Delta h_n$ , отчет каждого датчика сравнивается с исходной точкой. Преимущество модернизированной системы в том, что соответствующие датчики не отражают высоту  $Z_n$ , отсчитанную от определенного условного уровня 0-0, а непосредственно дают разницы в высоте  $\Delta h_1, \Delta h_2, \dots, \Delta h_n$ , отчет каждого датчика сравнивается с исходной точкой. Это облегчает обработку и анализ данных измерений.

6. Импульс образующий узел (фотодиод-лампа и вращающийся диск) был заменен хронометром в виде электронных часов, точность которых составляет  $10^{-5}$  сек., тем самым была повышена точность измерения, то есть появилась возможность с высокой

точностью зафиксировать в датчиках момент касания поверхности поднимаемой рабочей жидкости с иглой электрода. В этом случае значение измерительного отделения, выраженное в линейной единице, вместо полученного вначале 0,0480 мм, составило 0,000072 мм:

7. Результаты лабораторных экспериментов показали, что полученные значения превышений находятся в диапазоне определения допустимых погрешностей точности измерений системы. Это означает, что за счет двойного измерения мы обеспечиваем повышение точности определения превышений, что позволяет решить также проблему самоаттестации системы.

8. В результате усовершенствования гидродинамической нивелирной системы создается возможность из одного общего центра легко управлять работой устройств, установленных в различных конструкциях, обрабатывать и анализировать результаты измерений в одном центре, давать заключение о вертикальных деформациях конструкций сооружений.

9. С учетом возможностей использования новых материалов, а также развития современных технологий наряду с проводимыми конструкторскими работами разрабатывались оригинальные устройства для дальнейшего серийного производства.

10. На основе поданной нами заявки (N АМ 20210067У от 01.12.2021) Управление интеллектуальной собственности Министерства экономики РА выдало краткосрочный патент N 684 У на изобретение системы гидродинамического нивелирования.

С помощью лабораторных испытаний была определена точность измерения двух опытных образцов АСГДН, которая составила 0,04...0,05 мм, вместо прежней -0,2 мм. Разработана система автоматической регистрации отсчетов при подъеме и опускании жидкости в датчике, расположенном в каждой контрольной точке наблюдения, по которой вычисляются повторные превышения в данной контрольной точке.

Усовершенствованная СГДН с разработанным алгоритмом позволяет повысить точность и производительность измерений, так как автоматизированы контрольные работы, что исключает субъективные ошибки специалиста. Это условие позволяет изучить процессы вертикальной деформации ряда сооружений и получить целостную объективную картину.

Автоматизированную СГДН целесообразно применять в тех рабочих зонах, где затруднен доступ к измеряемым точкам, а также, когда имеется вредная среда (высокая температура, радиация, вибрация и т.д.) для здоровья специалиста.

Учитывая, что территория РА считается активной сейсмической зоной, АСГДН можно использовать в процессе геодезического мониторинга для исследования вертикальных сдвигов земной коры в регионах геодезических и сейсмологических геодинамических полигонов с целью прогнозирования землетрясений. АСГДН целесообразно применять также для долгосрочного мониторинга отложений фундаментов высотных сооружений, по данным которого можно будет уточнить размер недопустимых деформаций, изучить их причины и своевременно применить технические меры по их устранению.

**ARTYOM TSATURYAN**  
**THE IMPROVEMENT OF HYDRODYNAMIC LEVELLING SYSTEM AND INCREASING**  
**DEGREE OF ACCURACY**  
**RESUME**

The main purpose of scientific research work is to improve and modernize the Hydrodynamic Levelling System, created earlier in 1975-88, with the capabilities of process recording automation and processing observation data, at the same time providing appropriate interface and port, which allows to transfer online the observational data into one main center via global Internet for analytical work.

1. The theoretical and practical principles of operation of hydrostatic, hydrodynamic, hydro piston levelling systems have been studied in detail, their measurement accuracy is estimated. The comparative analyses of these systems were carried out for identification the effectiveness and expediency of their use, as well as drawbacks of operation, which do not satisfy requirements of modern technologies.
2. The operation principles of automated system of HLS, the measurement methods and regime liquid motion have been studied, measurement accuracy is estimated, disadvantages of existing system are shown and the necessity of modifications and automation is substantiated, which allows to increase not only the measurement accuracy, but also productivity, as well as to carry out measurements remotely, reduce the working time for processing measured data, etc.
3. Two valves in the HLS design have been replaced with one, which allows to automate measurement process and provide remote control, reducing the duration of observation by four times.
4. The Developed electronic scheme of control unit and registration led a simplification of the system design, to reduce the size and weight of the control and registration unit, as well as the increasing the sensitivity of data entry. Mechanical indicators have been replaced by an electronic single-discharge panel.
5. Due to the automation of the measurement process, the report does not start at a certain level 0, but from the first moment of touching the working liquid surface with the electrode-needle, so called the touch moment from initial sensor until last sensor with a electrode-needle, after that balancing tank of the working liquid returns to rest mode. The height difference  $\Delta h_n$ , the report of each sensor is compared with the initial point. The advantages of modernized system is that the corresponding sensors do not show the  $Z_n$  heights, calculated from a certain relative level 0-0, and directly give the differences in heights  $\Delta h_1, \Delta h_2, \dots, \Delta h_n$ , the report of each sensor is compared with the initial point. It facilitates the processing measurements and data analyzing.
6. The pulse-generating unit (photodiode-lamp and rotating disc) was replaced by a chronometer in the form of an electronic clock, the accuracy is  $10^{-5}$  seconds, in that way the measurement accuracy was increased, so it became possible to fix in sensors the touch moment of surface of lifting working liquid with high accuracy by needle

electrode. In this case, the value of the measuring unit, expressed in a linear unit, instead of the initial 0.0480 mm, it is 0.000072 mm.

7. The results of laboratory experiments have showed that the obtained values of altitudes are in the range of the permissible errors of the measurement accuracy of the system. This means that due to the double measurements, we provide the high accuracy of the determination of altitudes, which also allows to solve the problem of self-certification of the system.
8. As a result of the improvement of the HLS, it is possible to easily control the devices operation (installed in various structures) from one center, to process and analyze the measurements results in one center, to give a conclusion about vertical deformations of construction structures.
9. Taking into account the possibilities of using new materials, as well as the development of modern technologies, with the design works the original devices were developed for further serial production.
10. On the basis of our application (NAM20210067Y from 01.12.2021), the Intellectual Property Office of the Ministry of Economy of RA issued a short-term patent N684Y for the invention of the HLS.

The laboratory tests were carried out for determination the measurements accuracy of 2 prototypes of HLS, which was 0.04...0.05 mm instead of the previous 0.2 mm. A system of automatic records was developed, which allows to have data during raising and lowering the liquid in the sensor, which is located at each monitoring control point, with that automatic system the repeated altitudes are calculated on that control point. The improved HLS with developed algorithm allows to increase the accuracy and productivity of measurements, as the control work is automated, which excludes subjective errors of the specialist. This condition allows to study the processes of vertical deformation of a series of structures and get a complete objective picture. Automated HLS is reasonable to apply in those working areas where difficulties are in order to access the measured points, as well as in harmful environment (high temperature, radiation, vibration, etc.) for the health of the specialist. Taking into account that the territory of RA is considered an active seismic zone, Automated HLS can be used in the process of geodetic monitoring for the study of displacement of the earth's crust in the regions of geodetic and seismological geodynamic polygons for the purpose of forecasting earthquakes. It is advisable to apply AHLS also for long-term monitoring of foundations of high-rise structures, according to the observed data, it will be possible to determine the size of unacceptable deformations, study their causes and apply technic measures to eliminate them in a time.