

(19)



(10) **LT 5333 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **5333**

(51) Int. Cl. (2006): **G01B 11/00**
G01B 5/008

(21) Paraiškos numeris: **2004 058**

(22) Paraiškos padavimo data: **2004 06 22**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2005 12 27**

(45) Patento paskelbimo data: **2006 04 25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Vytautas GINIOTIS, LT
Petras PETROŠKEVIČIUS, LT
Jonas SKEIVALAS, LT

(73) Patento savininkas:

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis:

—

(54) Pavadinimas:

Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys

(57) Referatas:

Išradimas priklauso matavimo technikos sričiai ir yra skirtas niveliavimo matuoklių brūkšnių padėties tikslumo kalibravimui. Įrenginys susideda iš pagrindo, ant kurio pastatyta vertikalčiai reguliuojama kalibruojamoji matuoklė, etaloninio mato, stovo, ant kurio pastatytas matuoklės brūkšnių padėties matavimo prietaisas - skaitmeninė fotokamera ir rezultatų apdorojimo bloko, be to, etaloniniu matu yra naudojama etaloninė matuoklė, pastatyta ant pagrindo lygiagrečiai matuojamajai matuoklei, kalibruojamoji matuoklė ir etaloninė matuoklė yra fotografuojamos skaitmeninės kameros vienodoje padėtyje, jų fotografinis vaizdas yra perduodamas į kompiuterį, jo ekrane yra formuojama matavimo skalė su bisektoriumi, kalibruojamoji matuoklė ir etaloninė matuoklė turi galimybę kartu su bisektoriumi slankioti išilgai matuoklių vaizdo, o kalibravimo rezultatas yra nustatomas pagal skalės rodmenų skirtumą tarp kalibruojamosios matuoklės ir etaloninės matuoklės brūkšnių padėčių.

1. Technikos sritis, kuriai skiriamas išradimas.

Išradimas priklauso matavimo technikos ir technologijų sričiai. Konkrečiau, išradimas priklauso geodezinių prietaisų – nivelyrų matuoklių tikslumo parametrų metrologiniam kalibravimui. Žinomi matavimo įrenginiai, skirti geodezinių prietaisų skalių tikslumo kontrolei – universalūs matavimo mikroskopai, dviejų ir trijų koordinatinių matavimo prietaisai ir specializuoti kalibravimo įrenginiai.

Siūlomas įrenginys gali būti skiriamas ir prie kitų skalių matavimo ir kalibravimo įrenginių, tokių, kaip linijinių ir apskritiminių skalių kalibravimo komparatoriai bei specialūs stendai linijinių bei kampų skalių ir keitiklių tikslumo matavimams. Artimiausiu siūlomo įrenginio analogu yra niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys.

2. Technikos lygis.

Pirmasis sėkmingas vienos dimensijos matuoklio skaitmeninio vaizdo apdorojimas įvyko 1990 m., kai firma Leica išleido nivelyrą NA2000. Vietoj stebėtojo akies ten buvo panaudota detektoriaus diodų matrica. Prietaiso objektyvas yra nukreipiamas į matuoklę – paprastai, stačiakampio skerspjūvio 3 – 4 m ilgio plokščią strypą, kurio paviršiuje yra sužymėtos padalos. Vizualiems matavimams skirtos matuoklės turi kas 10 mm sužymėtus juodus – šviesius brūkšnius, pagal kuriuos nivelyro prietaisu yra atliekami rodmenų atskaitymai ir tokiu būdu yra nustatomas žemės reljefo, įrenginių pastatymo aukštis, jo skirtumai ir tt. Skaitmeninis nivelyras veikia pusiau automatizuotu būdu, nes pats prietaisas – nivelyras yra tik nukreipiamas į matuoklę, o tikslus rodmenų atskaitymas vyksta automatiškai. Skaitmeninio nivelyro matuoklė skiriasi nuo paprasto optinio nivelyro matuoklės tuo, kad ant jos paviršiaus yra sužymėta tamsių – šviesių brūkšnių seka, kintanti pagal tam tikrą gamintojo pasirinktą kodą. Nivelyras turi fotoelementų matricą, į kurią yra projektuojamas matuoklės vaizdas, o prietaiso mikroprocesorius atlieka reikiamus skaičiavimus, nustatant ne tik matuoklės pastatymo lygį (aukštį), bet ir atstumo iki matuoklės nustatymą. Skaitmeninis nivelyras atitinka CCD (perkeliamo krūvio, skaitmeninių fotokamerų) veikimo principus.

Vienos dimensijos skaitmeninio vaizdo apdorojimo principas. CCD sensorius (sensorių matrica) atpažįsta koduotas padalas, esančias matuoklėje ir jas panaudoja sudaryti signalo vaizdą, kad skaitmeninis nivelyras jį galėtų analizuoti koreliacijos būdu. Analitinės procedūros metu yra apskaičiuojami tiek matuoklės rodmenys, tiek ir atstumas iki

35 matuojamojo taško. Tokiu principu veikia daugelis nivelyrų, kaip NA2002, NA 3003 ir kt. NA2002 ir NA3003 skaitmeniniai nivelyrai turi tokias pačias optines ir mechanines dalis, kaip ir įprastiniai nivelyrai. Jie turi sukryžiuotą Wild juostinį kompensatorių, o jo optinė sistema yra perimta iš optinių nivelyrų. Tokiu būdu, skaitmeniniai nivelyrai taip pat gali būti naudojami, kaip ir įprastiniai nivelyrai.

40 Elektroninio niveliavimo metu, brūkšninio kodo vaizdas per šviesos pluošto daliklį praeina į detektoriaus diodų matricą. Šviesos daliklis skiria šviesos srautą, patenkantį į optinę sistemą, į infraraudonos ir matomosios šviesos dalis. Infraraudonoji dalis yra atspindima į detektorius, o matomoji šviesa praeina nepakitusi per daliklio kubą. Tai nesumažina šviesos kiekio, tenkančio stebėtojų, o taip pat duoda pakankamai šviesos į detektoriaus matricą, 45 kurios maksimalus jautrumas yra infraraudonojoje spektro dalyje. Linijos detektorius yra apie 65 mm ilgio ir susideda iš 256 šviesai jautrių fotodiodų (pikselių), esančių kas 25 μm vienas nuo kito. Fotodiodų apertūra taip pat yra 25 μm.

Optinė sistema turi 2° kampo apertūrą. Esant praktiškai mažiausiam fokusavimo atstumui 1,8 m, prietaise yra projektuojamas 61 mm ilgio niveliavimo matuoklės vaizdas. 50 Esant maksimaliam 100 m atstumui, vaizdas apima 3,5 m matuoklės ilgį. Židinio atstumo keitiklis nustato fokusavimo lęšio padėtį ir tokiu būdu duoda apytikrio atstumo informaciją koreliacijai apskaičiuoti. Elektroninis padėties detektorius valdo kompensatoriaus poslinkį matavimo metu. Atskaitymo elektronika padidina vaizdo signalą ir paverčia jį į skaitmeninę formą, pateikdama 256 pikselių 8 bitų signalu, perteikiant jį 256 tamsiomis juostomis. 55 Matavimo signalas tampa tinkamas perduoti į mikroprocesorių. Apytikris atstumas iki matuoklės yra apskaičiuojamas pagal fokusavimo lęšio padėtį, kuris juda apie 14 mm fokusavimo diapazone, kuris atitinka nuo 1,80 m iki 100 m atstumą. Šis atstumas nustatomas pagal formulę: $d_f = \frac{k}{s}$, kur d_f – fokusavimo atstumas, k – optinė konstanta, s – fokusavimo lęšio padėtis.

60 Išanalizuoti matavimo duomenys yra įrašomi į dviejų eilučių skaičių ekraną. Skaitmeniniai duomenys ir komandos yra įvedamos per klaviatūrą, esančią prie prietaiso okuliaro arba per interfeisą. Matavimui pradėti yra skirtas matavimo mygtukas, esantis šalia fokusavimo rankenėlės. Visi matavimai gali būti išsaugomi atminties modulyje arba perduodami į kompiuterį.

65 **Skaitmeninio niveliavimo seka.** Matavimai susideda iš tokių etapų: nusitaikymas ir fokusavimas; skaitmeninio matavimo pradžia; grubioji koreliacija; tikslioji koreliacija.

Skaitmeninio niveliavimo pirmasis etapas yra toks pat, kaip ir įprastinio niveliavimo metu, t. y., stebėtojas nusitaiko ir fokusuoja prietaisą į matuoklę. Palietus matavimo mygtuką, prietaisas nustato fokusavimo lęšio padėtį ir valdo kompensatorių. Signalo intensyvumas yra panaudojamas nustatyti laiką, reikalingą kiekvieno pikselio (vaizdo elemento, taškelio) pakankamam prisisotinimui, po to vyksta brūkšninio kodo vaizdo analizė ir išsaugojimas. Po to seka grubi koreliacija. Šiuo atveju, atstumas, gautas pagal fokusavimo lęšio padėtį, yra panaudotas, kaip pradinė reikšmė apytikriam taikinio aukščiui ir vaizdo masteliui nustatyti. Šis procesas trunka apie sekundę.

Ketvirtame etape seka tikslioji koreliacija. Padėtį ir mastelį nustatyti yra panaudojama aštuonių bitų koreliacija. Kompiuteris įvertina tikslią padėtį ir brūkšninio kodo mastelį linijiniame detektoriuje (matricoje) bei panaudoja kalibravimo konstantas nustatyti tikslų rodmenį ir atstumą iki matuoklės. Tiksliajai koreliacijai reikalingas laikas priklauso nuo matuojamojo atstumo bei nuo matavimo signalo kokybės, tačiau jis niekada neviršija vienos sekundės.

Kai šie matavimo etapai yra atlikti, matavimai yra toliau apdorojami, parodomi ekrane ir įrašomi pagal pasirinktą darbo režimą ir programą. Matavimo tikslumas priklauso tiek nuo skaitmeninio nivelyro prietaiso konstrukcijos, tiek ir nuo kodinės matuoklės brūkšnių padėties tikslumo, turinčio tiesioginę įtaką matavimo paklaidai. Matuoklių paklaidų nustatymas ir jų reikšmių kompensavimas apdorojant matavimus arba matavimo metu turi tiesioginę reikšmę didinant geodezinių matavimų tikslumą.

Matuoklių kalibravimas. Visos kodinių brūkšnių matuoklės gali būti kalibruojamos tradiciniais interferometriniais komparatoriais. Paprastai pakanka išmatuoti 2.025mm pločio atskirus elementus (brūkšnius) pasirinktu žingsniu. Skalės kalibravimui po jos pagaminimo yra naudojamas vertikalus matuoklių komparatorius. Kodinių matuoklių atstumai tarp brūkšnių visada yra kodinių žingsnių sandauga iš 2,025 mm.

Horizontaliais komparatoriais yra tiriama matuoklių atsparumas šiluminiam plėtimuisi. Matuoklės yra kalibruojamos esant 0; 10; 20; 30 ir 40 °C temperatūrai.

Analogas - matuoklių kalibravimo komparatorius (MKK) dalinai pakartoja matavimo operacijas, atliekamas niveliavimo metu. MKK susideda iš slankiklio, prie kurio yra tvirtinama ir reguliuojama kalibruojamoji matuoklė, lazerinio interferometro (etaloninio mato) su atspindinčiąja prizme, nejudomai pritvirtinta CCD (skaitmeninė) fotokamera, nukreipta į tiesią žingsniais perstatomus matuoklės brūkšnius, prie slankiklio pritvirtinto atspindinčios prizmės, į kurią yra nukreiptas lazerinio interferometro spindulys, pavara, skirta

100 matuoklės su veidrodėliu perslinkimui išilgai matuoklės ašies, rezultatų saugojimo ir apdorojimo bloko.

Toks įrenginys yra aprašytas leidinyje: Geodesy and Surveying in the future. Proceedings, Ed. Mikael Lilje, March 15-17, Gavle, Sweden, 1999, pp. 216-217; 225-247.

105 Artimiausias įrenginys (siūlomo įrenginio analogas) – vertikalus matuoklių komparatorius, sukurtas ir naudojamas Suomijos Geodezijos institute (SGI) ir aprašytas tame pačiame leidinyje:

Mikko Takalo. On behaviour of invar rods with aluminium frame used in Third Levelling of Finland", p. 229-238,

o taip pat Suomijos Geodezijos Instituto ataskaitoje:

110 Takalo M., 1997, Automated calibration of precise levelling rods in Finland. Rep. Finnish Geodetic Institute, 97:3. Helsinki 1997.

SGI komparatorius susideda iš šių pagrindinių dalių: pagrindo, kalibruojamosios matuoklės, lazerinio interferometro (LI) su reflektoriumi, vertikalaus rėmo (VR), pakėlimo sistemos su žingsnine pavara ir CCD (skaitmeninės fotokameros, SF).

115 Kalibravimas atliekamas matavimo žingsniu perstumiant VR su pritvirtinta kalibruojama matuokle ties SF išilgai jos ašies. Kiekviename žingsnyje su SF yra fiksuojamos matuoklės skalės brūkšnių briaunos, o tų briaunų padėtis bei atstumai tarp atskirų brūkšnių yra išmatuojami lazeriniu interferometru, kaip etaloniniu matu. Rezultatai apdorojami, įvertinus kalibravimo paklaidas.

120 Įrenginys labai sudėtingas, brangus, jis yra labai didelių gabaritų, nes būtina matuoklę žingsniais pakelti į dar tokį pat, kaip jos ilgis, aukštį. Be to, komparatorius turi turėti žingsninę pavara, kad matuoklės žymės atsidurtų SF fiksavimo (optiniame) židinyje. Kalibravimui – matavimams atlikti kiekvieno žingsnio metu, yra naudojamas taip pat labai brangus ir sudėtingas įrenginys – lazerinis interferometras. Visa tai daro komparatoriaus konstrukciją labai sudėtinga, brangia pagaminti, derinti, metrologiškai kalibruoti, tai 125 ekonomiškai yra brangu ir reikalauja daug darbo ir aukštos kvalifikacijos specialistų.

3. Išradimo esmė

Siūlomo išradimo esmė yra tai, kad matuoklės kalibravimui etaloniniu matu yra panaudojama etaloninė matuoklė ir skaitmeninė fotokamera (CCD), perstatoma į keletą 130 padėčių lygiagrečiai matuoklių ašims bei registruojanti abiejų matuoklių brūkšnių vaizdus ir jų tarpusavio padėtį, o kalibravimo rezultatai yra įvertinami pagal matavimus papildoma skale, esančia apdorojimo įrenginyje (pvz., kompiuterio ekrane), nustatant skaitinį skirtumą tarp matuojamosios ir etaloninės skalės brūkšnių padėčių.

Siūlomo išradimo esmę sudaro tai, kad matavimo įrenginys, turintis pagrindą, ant
135 kurio pritvirtinta ir vertikalčiai reguliuojama kalibruojamoji matuoklė, judamą išilgai
matuoklės ašies konstrukciją, matuoklės brūkšnių padėties matavimo prietaisą – skaitmeninę
fotokamerą ir rezultatų apdorojimo bloką, skiriasi tuo, kad įrenginio pagrinde lygiagrečiai
matuojamajai matuoklei yra pritvirtinta etaloninė matuoklė, ties abiem matuoklėmis su
galimybe jų atžvilgiu slankioti yra pastatyta skaitmeninė fotokamera abiejų matuoklių vaizdo
140 fotografavimui ir to vaizdo perdavimui į registravimo įrenginį (kompiuterį), o abiejų
matuoklių vaizdo apdorojimo įtaisas turi papildomą skalę ir išilgai tos skalės bei matuoklių
vaizdo slankiojančius bisektorius, skirtus atlikti atskaitymą tarp etaloninės ir matuojamosios
matuoklės brūkšnių padėčių. Etaloninė matuoklė, kaip ir visi pamatiniai etalonai, yra
atitinkamai kalibruojama aukštesnio lygio matais.

145 3.1. Išradimo esmę atskleidžiantys duomenys

Pareikštas išradimas yra skirtas niveliavimo matuoklių kalibravimui. Niveliavimo
tikslumas labai priklauso nuo tam naudojamų matuoklių tikslumo, t.y., brūkšnių, esančių
matuoklės paviršiuje žymėjimo tikslumo ir jų tarpusavio padėties tikslumo. Kalibravimo metu
tie parametrai ir turi būti nustatyti, kad matuoklė būtų atitinkamose tikslumo ribose arba
150 nustatytos paklaidos tarp brūkšnių padėties galėtų būti įvertintos nustatant galutinį niveliavimo
rezultatą. Techninis rezultatas, kuris gali būti gautas įdiegus išradimą matuoklių kalibravimui
greta kalibruojamosios panaudojant etaloninę matuoklę ir skaitmeninę kamerą, perstatomą į
keletą padėčių išilgai matuoklių ašies bei fotografuojant abiejų matuoklių brūkšnių vaizdus, o
kalibravimo rezultatai yra įvertinant papildoma skale, yra tai, kad tokiu įrenginiu galima
155 kalibruoti matuokles, nedarant didelių eigu, dvigubai viršijančių matuoklės gabaritų,
nereikalingi žingsniniai matuoklės perstūmimai, o vietoj brangaus ir sudėtingo lazerinio
interferometro su reflektoriumi yra naudojama papildoma skalė, naudojama registravimo
bloke išmatuoti matuoklių brūkšnių tarpusavio padėties skirtumą. Siūlomo techninio
sprendimo dėka matavimo įrenginys tampa paprastesnės konstrukcijos. Skaitmeninė kamera
160 gali būti perkeliama ir be pavaros – rankiniu būdu. Papildoma skalė gali būti nedidelio ilgio,
nes yra skirta tik išmatuoti mažus skirtumus tarp matuoklių brūkšnių – jų centrų arba briaunų.
Visa tai supaprastina konstrukciją ir daro ją žymiai kompaktiškesne. Skaitmeninių fotokamerų
skiriamoji geba siekia 5-6 milijonus pikselių regėjimo lauke, be to, kiekvieno pikselio
apšviestumo lygis skaitmeniniu būdu gali būti įvertintas nuo 0 iki 256 skaitinėmis
165 reikšmėmis. Taigi, fotometriniis vaizdas kompiuterio ekrane gali būti analizuojamas,
saugojamas, perduodamas ir vertinamas mikrometriniais dydžiais, turint omenyje, kad
skaitmeninių niveliavimo prietaisų matuoklių ilgis yra apie 3 m, jų leistinos brūkšnių

170 paklaidos sudaro 20 –50 μm , o paprastųjų vizualiai atskaitomų matuoklių ilgis siekia 4 m, o paklaidų vertės – apie 50 μm . Kalibravimo rezultatas, kaip ir rezultatas matuojant niveliavimo įrenginiu, gali būti įvertinamas apskaičiuojant KM ir EM tarpusavio koreliacijos funkcijas, įvertinant matuoklių vaizdus skaitinėmis vertėmis ir nustatant jų tarpusavio padėties koordinatų vertes.

175 Šis matavimo įrenginys taip pat gali būti naudojamas ir kitų ilgio matų kalibravimui, tokių, kaip metalinės bei stiklo skalės, liniuotės, ruletės ir pan. Pasiiekiamas techninis rezultatas – įrenginio konstrukcijos supaprastinimas ir atpiginimas, žymus gabaritų sumažinimas, informacijos gavimo, saugojimo ir perdavimo paprastumas.

4. Brėžinių figūrų aprašymas

180 Kalibravimo įrenginys yra pavaizduotas brėžiniuose fig. 1, 2 ir 3. Fig. 1 yra parodytas bendras įrenginio vaizdas iš šono, o fig. 2 parodytas vaizdas pagal pjūvį A-A. Fig. 3 yra parodyti skaitmenine fotokamera nufotografuoti matuoklių vaizdai, skalė, bisektoriai ir matuoklės tikslumo kalibravimas pagal etaloninės matuoklės vaizdą.

Fig. 1 parodytos dalys: 1 – pagrindas, 2 - kalibruojamoji matuoklė, 3 – etaloninė matuoklė, 4 – skaitmeninė fotokamera, 5 – padėklas, 6 - rėmas, 7 – kreipiančiosios, 8 – apatinė atrama, 9 – viršutinė atrama, 10 – kompiuteris.

185 Nufotografuotų matuoklių vaizdas kompiuterio ekrane yra parodytas Fig. 3. Matuoklės kalibravimas paaiškinamas fig. 3, kur parodytas vaizdas, gaunamas iš fotokameros 4, esančios kalibravimo įrenginyje. Fig. 3 yra parodyti dviejų matuoklių vaizdai: 1 – etaloninė matuoklė, 2 – kalibruojamoji matuoklė, be to, 3 – dviejų ir 4 – trijų linijų . optinės vizavimo žymės - bisektoriai, skirti rodmenų atskaitymui pagal matuoklių brūkšnių briaunas arba jų simetrijos ašis, 5 – rodmenų atskaitymo skalė.

5. Išradimo realizavimo aprašymas

5.1. Bendroji dalis

195 Matuoklių kalibravimas yra paremtas EM ir KM fotografavimu viename kadre, tuo užtikrinant nekintamą jų tarpusavio padėtį. Po to kompiuteryje tie vaizdai gali būti sugretinami, orientuojami pagal kalibravimo skalę arba didinami. Matuoklių vaizdų tarpusavio padėtis kalibravimo procese nekeičiama. Kompiuteryje naudojama papildoma skalė ir bisektoriai, kurie gali judėti išilgai matuoklių vaizdo. Kalibravimo metu matuoklių vaizdas yra perstumiamas išilgai kalibravimo skalės. Užvedus optinę žymę ties brūkšnių briaunomis arba ties jų vidurine ašimi reikiamu kalibravimo žingsniu, yra registruojami tų brūkšnių padėties skirtumai pagal kalibravimo skalės rodmenis. Taip pasirinktu žingsniu yra

200

kalibruojamas visas matuoklės ilgis nustatant kalibruojamosios matuoklės brūkšnių padėties skirtumą nuo etaloninės matuoklės brūkšnių padėties.

5.2. Įrenginio aprašymo duomenys.

Ant bendro pamato 1 yra pritvirtintos kalibruojamoji matuoklė 2 ir etaloninė matuoklė 3 (fig. 1 ir 2). Skaitmeninė fotokamera 4 yra padėta ant padėklo 5, kuris gali vertikaliai slankioti rėmu 6 ir horizontaliai - kreipiančiosiomis 7 į reikiamą aukštį ir atstumą. Abi matuoklės atramomis 8 ir 9 yra reguliuojamos taip, kad jų padėtis būtų vertikalė ir lygiagrečiai viena kitai. Fotografuojamas matuoklių vaizdas yra perduodamas į kompiuterį 10. Kompiuteryje dar pagal reikalą tie vaizdai sugretinami, orientuojami pagal skalę arba dar gali būti didinami dalimis. Vaizdų sugretinimas atliekamas tik pradžioje, ir jis daugiau kalibravimo proceso metu nėra keičiamas. Išlaikoma vienoda abiejų matuoklių tarpusavio padėtis.

Etaloninės matuoklės 1 ir kalibruojamosios matuoklės 2 vaizdas (fig. 3) ekrane išlaikomas nekeičiant jų tarpusavio padėties. Virš vaizdo yra dviejų 3 ir trijų linijų 4 bisektoriai, skirti rodmenų atskaitymui pagal matuoklių brūkšnių briaunas arba jų simetrijos ašis. Bisektoriai ir matuoklių vaizdas gali būti judinamas lygiagrečiai rodmenų atskaitymo skalei 5. Numatyta galimybė pagal reikalą panaudoti dvi optines žymes 3 ir 4 palengvinant fiksuoti pradinę matavimo padėtį. Kalibravimo metu visas matuoklės vaizdas, o po to atskiromis dalimis yra perstumiamas po kalibravimo skalę. Užvedus optinę žymę ties brūkšnių briaunomis arba ties jų vidurine ašimi reikiamu kalibravimo žingsniu, yra registruojami tų brūkšnių padėties skirtumai pagal kalibravimo skalės rodmenis. Taip gali būti pereitas visas matuoklės ilgis. Kalibravimas vyksta matuojant brūkšnių tarpusavio padėčių skirtumą ir nekeičiant matuoklių vaizdo tarpusavio padėties. Tokiu būdu, yra išlaikoma nuolatinė ta pati matuoklių tarpusavio padėtis, o kalibravimas vyksta tik nustatant kalibruojamosios matuoklės brūkšnių padėties skirtumą nuo etaloninės. Matuoklių vaizdo apdorojimui ir rodmenų atskaitymui gali būti naudojamos žinomos grafinės programos, kaip PowerPoint, AutoCAD, CadKey ir kt.

Analogiškas įrenginys taip pat gali būti naudojamas ir kitokių skalių tikslumo kalibravimui įskaitant apskritimines (kampų matavimo) skales bei rastrines skales, naudojamas matavimo keitiklių gamybai ir staklių bei prietaisų optinėse matavimo sistemose.

1. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys, susidedantis iš pagrindo, ant kurio
5 pastatyta vertikaliai reguliuojama kalibruojamoji matuoklė (KM), etaloninio mato, stovo, ant
kurio pastatytas matuoklės brūkšnių padėties matavimo prietaisas – skaitmeninė fotokamera
(SK) ir rezultatų apdorojimo bloko, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad etaloniniu
matu yra panaudojama etaloninė matuoklė (EM), pastatyta ant to paties pagrindo lygiagrečiai
matuojamajai matuoklei, KM ir EM yra fotografuojamos SK vienodoje padėtyje, jų
10 fotografinis vaizdas yra perduodamas į rezultatų apdorojimo įrenginį (kompiuterį), jo ekrane
yra formuojama matavimo skalė su bisektoriumi, KM ir EM vaizdai turi galimybę kartu su
bisektoriumi slankioti išilgai matuoklių vaizdo, o kalibravimo rezultatas yra nustatomas pagal
skalės rodmenų skirtumą tarp KM ir EM brūkšnių padėčių, įvertinus etaloninės matuoklės ir
kalibravimo paklaidas;
- 15 2. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo
matuoklių vaizdo apdorojimo įtaisas turi papildomą skalę ir išilgai tos skalės papildomą
slankiojančią bisektorių, skirtą atlikti atskaitymą tarp KM ir EM brūkšnių padėčių;
3. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s*
tuo, kad fotografavimo metu SK turi galimybę su stovu judėti abiejų matuoklių atžvilgiu;
- 20 4. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s*
tuo, kad KM ir EM yra fotografuojamos greta viena kitos pilnu ilgiu ir ne mažiau, kaip dviem
– trimis dalimis, tam tikru apertūros kampu perdengiančiomis viena kitą;
5. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s*
tuo, kad įvairių kodinių matuoklių matavimo tikslu slankiojantis bisektorius yra
25 reguliuojamas pagal kodinių matuoklių brūkšnių plotį;
6. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s*
tuo, kad kalibravimas yra atliekamas naudojant kompiuterines grafikos priemones,
pavyzdžiui, AUTOCAD;
7. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s*
30 tuo, kad kalibravimo rezultatas yra įvertinamas apskaičiuojant KM ir EM tarpusavio
koreliacijos funkcijas, įvertinant matuoklių vaizdus skaitinėmis reikšmėmis ir nustatant jų
tarpusavio padėties koordinačių vertes.

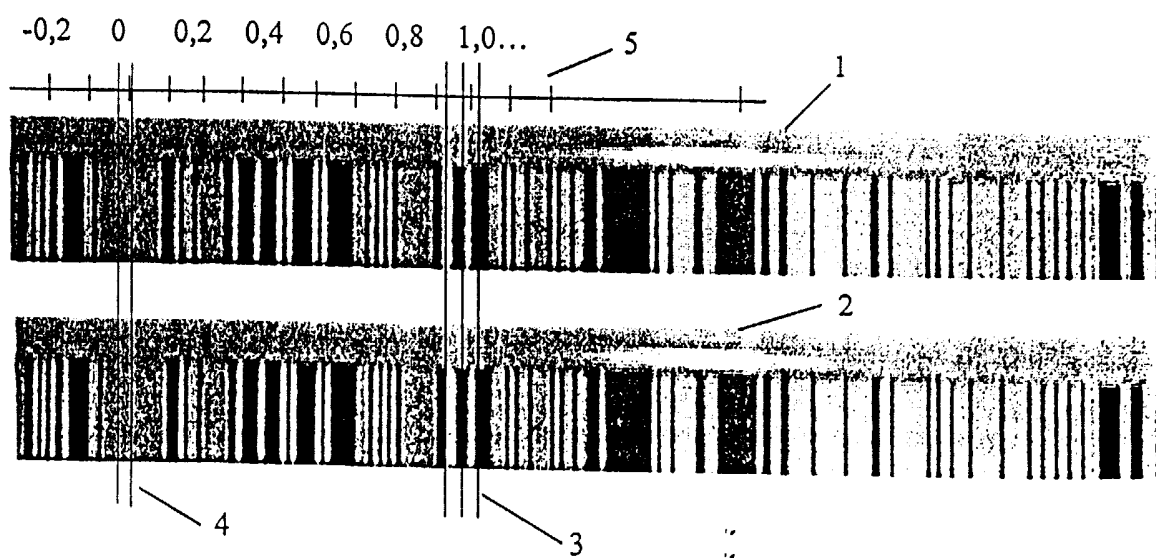
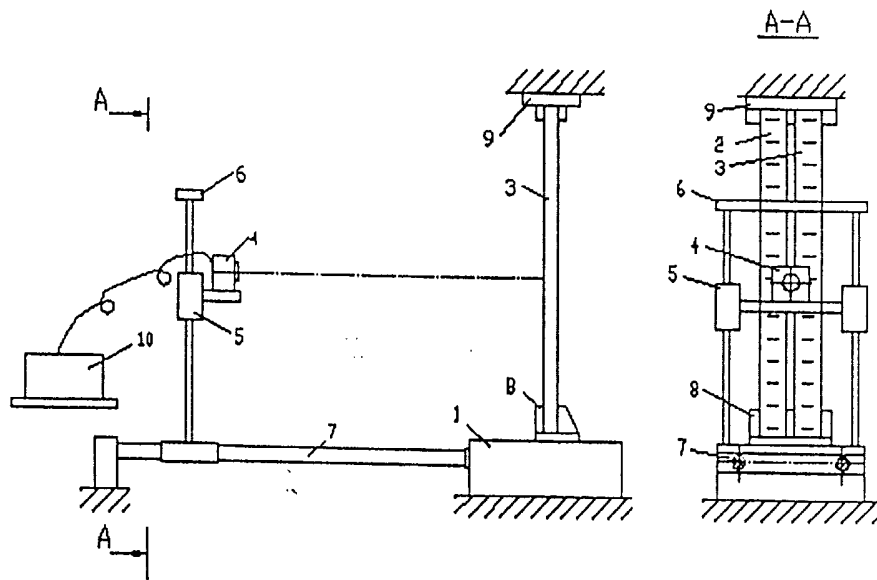


Fig. 3