



TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA

Meracie zariadenie hustoty

HID

OBSAH	strana
1. Technický popis	3
1.1. Určenie zariadenia.....	3
1.2. Evidenčné údaje.....	3
1.3. Technické parametre.....	3
1.4. Charakteristika prostredia.....	4
1.5. Princíp.....	4
Meranie hustoty kvapaliny etalónom hustoty na báze pevných telies.....	4
1.6. Popis zariadenia.....	8
1.7. Popis elektrickej časti zariadenia.....	13
1.7.1 Ochrana pred nebezpečným dotykovým napätím.....	13
1.7.2 Rozvádzač.....	13
1.7.3 Popis zapojenia a prvkov rozvádzača.....	13
1.8. Riadiaci program.....	13
2. Návod na montáž	14

1. Technický popis

1.1. Určenie zariadenia

Úlohou zariadenia je určiť stupnice hustoty (hustotu referenčných kvapalín) vychádzajúc z hodnoty hustoty etalónu na báze pevných telies – guľa známej hmotnosti a objemu. Prostredníctvom národných etalónov hustoty sa realizuje stupnica hustôt v rozsahu 600 kg/m^3 až 1800 kg/m^3 a jej odovzdanie do praxe prostredníctvom kalibrácie referenčných kvapalín hustoty, používaných na kalibráciu vibračných hustomerov – laboratórnych a priemyselných.

1.2. Evidenčné údaje

Názov: Meracie zariadenie hustoty
Typ: HID

1.3. Technické parametre

Napájanie:	3,N,PE~50Hz / 3,5kW / 16A / TN-S
Prostredie:	viď. protokol (v prílohe)
Presnosť min.:	0,000005 g/cm ³
Rozmery zariadenia VxŠxH:	1900x800x1060 mm
Meracie médium :	Meraná kvapalina 15-25 °C, zariadenie umožní rozšírený rozsah skúšobných teplôt 10-40°C s negarantovanou presnosťou
Celková hmotnosť zariadenia:	200 kg
Rozhodujúce komponenty:	
Sartorius Manual Mass Comparator	MCM1005 Readability 0,01mg Maximum Capacity 1110g
Závažie 1g-1000 g sada	E1/YCS-31-611-00 YCM16C
Klimatická stanica	16 Channel Climate measuring station and data logger for E1 Lab, USB, RS232, LAN, RS485 DAkKS calibration certificate for the climate module (Option)
1000g siliconová guľicka	No YDR1000SIC
Termostat Lauda	PRO RE 3035, Base panel 1 Art. N.: L000009

1.4. Charakteristika prostredia

Vnútročné prostredie zariadenia je určené protokolárne.

Krytie jednotlivých elektrických komponentov je navrhnuté podľa STN 330300 a STN 332310 pre jednotlivé druhy prostredí.

1.5. Princíp

Princíp hydrostatického váženia spočíva vo vážení telesa v dvoch prostrediach s rôznou hustotou – t.j. vo vážení telesa vo vzduchu a vážení telesa v kvapaline. Keď sú známe parametre telesa (hmotnosť a objem) určíme hustotu kvapaliny, keď je známa hustota kvapaliny (napr. redistilovanej vody) určí sa objem telesa.

Zariadenie má dve základné funkcie:

- meranie hustoty kvapalín pomocou etalónu na báze pevných telies – silikónovej guľičky menovitej hodnoty 1000 g

Princíp činnosti zariadenia:

Na vrchu nosnej konštrukcie sú umiestnené váhy. Pod váhami je zavesený záves s dvomi miskami. Horná miska slúži na nakladanie kompenzačného závažia, dolná miska umiestnená do kvapaliny slúži na nakladanie guľičky, resp. skúšaného závažia. V oblasti hornej misky je nakladacie zariadenie, ktoré (riadené počítačom) nakladá/zdvíha kompenzačné závažie a pomocou špecializovaného nakladača zdvíha/nakladá na dolnú miskú guľičku, resp. skúšané závažie. Ďalšie meradlá a zariadenia, ktoré sú potrebné na činnosť zariadenia: odporový platinový teplomer s voltmetrom pre meranie odporu, termostatický kúpeľ so zabudovaným chladičom, prístroj na meranie hustoty vzduchu.

K zariadeniu bol spracovaný riadiaci a merací program:

- Measuring liquid of density - pre meranie hustoty kvapalín pomocou etalónu na báze pevných telies

Meranie hustoty kvapaliny etalónom hustoty na báze pevných telies

Pri tomto meraní sa uskutoční len jedno meranie – meranie v kvapaline, pretože parametre etalónu (hmotnosť a objem) sú známe.

Ako etalón hustoty na báze pevných telies sa používa silikónová guľička. Nech

m_G hmotnosť guličky z certifikátu
 V_G objem guličky pri teplote merania
 V_{G20} objem guličky pri 20°C - z certifikátu guličky
 β_G koeficient objemovej rozťažnosti guličky
 m_{hz} hmotnosť kompenzačného závažia nakladaného na hornú miskú
 V_{hz} objem tohto kompenzačného závažia
 ρ_{kv} hustota kvapaliny pri teplote merania t
 ρ_{kvR} hustota kvapaliny pri referenčnej teplote
 ρ_{vz} hustota vzduchu v oblasti hornej misky
 F tiaž závesu s dolnou miskou ponorenou do kvapaliny
 UV údaj na displeji váh
 t teplota kvapaliny, pri ktorej sa vykonáva meranie
 t_R referenčná teplota kvapaliny pre ktorú určujeme hustotu
 h vertikálna vzdialenosť ťažísk guličky a kompenzačného závažia
 H vertikálna vzdialenosť ťažiska guličky a misky váh
 Δg gradient gravitačného zrýchlenia, $\Delta g = 3,086 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
 β_K koeficient objemovej rozťažnosti kvapaliny

Metrologické parametre guličky sú uvedené v certifikáte m_G , u_C , $V_{G,20}$, u_C , β_G

Uvažujme najprv váženie guličky naloženej na záves v kvapaline, pričom kompenzačné závažie na vzduchu nie je naložené na hornej miske (je zdvihnuté na svojom nosiči). Situácia – silová rovnováha na váhach je popísaná nasledovnou rovnicou

$$(m_G - V_G \cdot \rho_{kv}) \cdot g_G + F = UV_G \cdot (1 - \rho_{vz} / \rho_{zav}) \cdot g_v, \text{ kde} \quad (1)$$

UV_G je údaj váh pri zaťažení závesu guličkou

g_G je gravitačné zrýchlenie v mieste ťažiska guličky a misky váh

g_v je gravitačné zrýchlenie v mieste misky váh

ρ_{zav} je hustota závaží použitých pri justáži rozsahu váh (pomocou závaží s konvenčnou hmotnosťou)

Uvažujme v druhom kroku váženie kompenzačného závažia m_{hz} naloženého na miskú, pričom pred naložením horného závažia sa zdvihne gulička pomocou svojho nakladača. Ak údaj váh je UV_z bude silová rovnováha popísaná nasledovnou rovnicou

$$(m_z - V_z \cdot \rho_{vz}) \cdot g_z + F = UV_z \cdot (1 - \rho_{vz} / \rho_{zav}) \cdot g_v, \quad (2)$$

Vzájomným odčítaním rovníc (1)-(2) dostaneme pre hustotu kvapaliny vzťah

$$\rho_{kv} = [m_G - (m_Z - V_Z \cdot \rho_{vz}) g_Z / g_G + (UV_G - UV_Z) \cdot (1 - \rho_{vz} / \rho_{zav}) g_v / g_G] / V_G \quad (3)$$

pričom

$$V_G = V_{20} \cdot (1 + \beta_G \cdot (t - 20)) \quad (4)$$

$$g_Z = g_G + h \cdot \Delta g$$

$$g_v = g_G + H \cdot \Delta g$$

Pomery gravitačných zrýchlení môžeme vyjadriť vzťahmi

$$g_Z / g_G = 1 + h \cdot \Delta g / g_G$$

$$g_v / g_G = 1 + H \cdot \Delta g / g_G$$

Na vzorec (3) sa aplikujú korekcie:

- na rozdiel medzi teplotou kvapaliny t , pri ktorej sa meralo a referenčnej teplote t_R , pre ktorú sa určuje hustota kvapaliny

$$\Delta \rho_{kv} = \rho_{kv} \cdot \beta_K \cdot (t - t_R) \quad (6)$$

- na nepresnosť justáže elektronického rozsahu váh a jej vplyv na rozdiel údajov váh ($UV_G - UV_Z$)

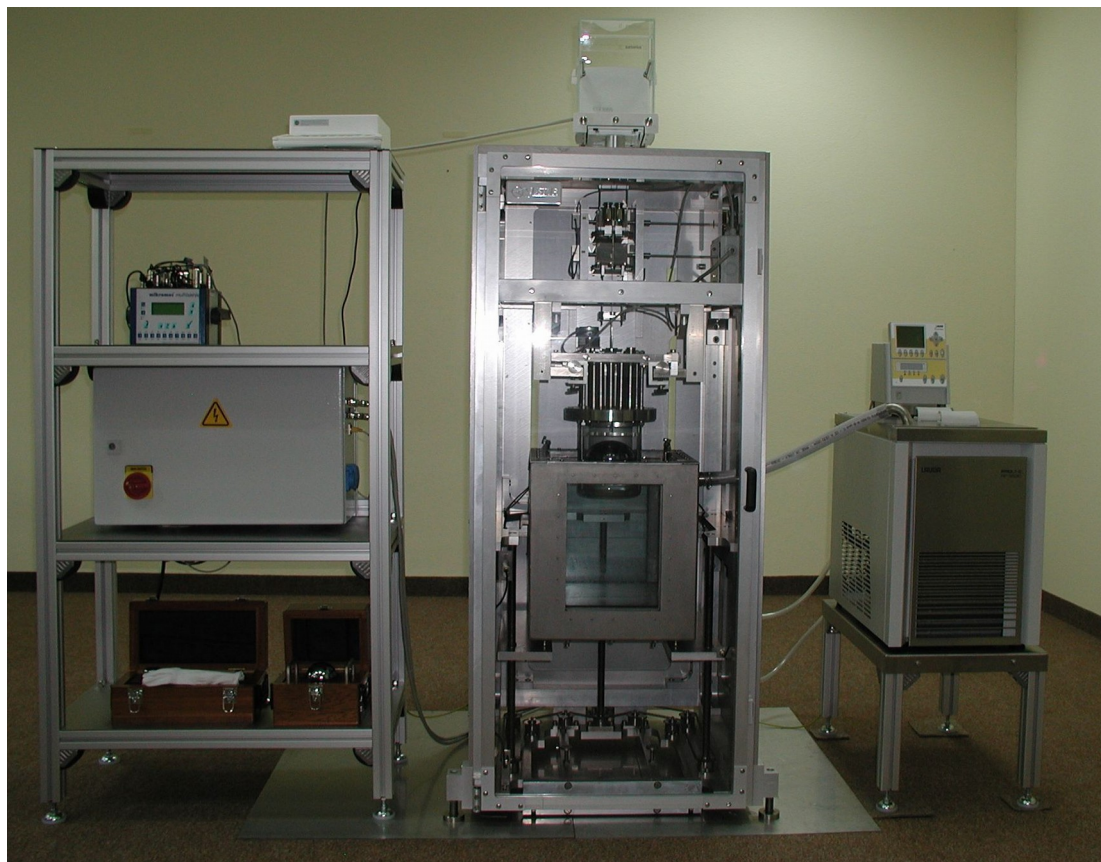
$$(UV_G - UV_Z)_K = (UV_G - UV_Z) \cdot m_{jE} / UV_{jE} , \quad \text{kde} \quad (7)$$

UV_{jE} je údaj váh pri naložení etalónu hmotnosti m_{jE} na pôvodne vynulované váhy.

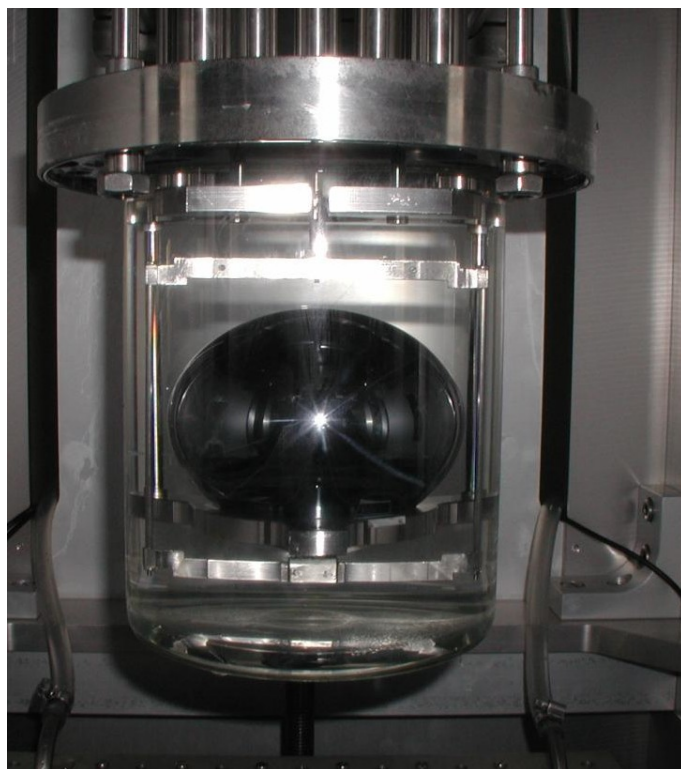
Pri aplikácii všetkých korekcií dostávame vzťah

$$\rho_{kvR} = [m_G - (m_Z - V_Z \cdot \rho_{vz}) \cdot (1 + h \cdot \Delta g / g_G) + (UV_G - UV_Z)_K \cdot (1 - \rho_{vz} / \rho_{zav}) \cdot (1 + H \cdot \Delta g / g_G)] / V_G + \rho_{kv} \cdot \beta_K \cdot (t - t_R), \quad \text{kde} \quad (8)$$

$$V_G = V_{20} \cdot (1 + \beta_G \cdot (t - 20)),$$



Zariadenie na hydrostatické váženie



**Etalón hustoty (silikónová guľička) ponorená
v meranej kvapalin**

1.6. Popis zariadenia

Hlavné časti zariadenia : komparátorové váhy, nosná konštrukcia, nakladacie zariadenie, záves s dvomi miskami, elektronický hardware a software. Spolu s automatickým zariadením sa používa zariadenie na meranie hustoty vzduchu (meranie teploty, tlaku a vlhkosti a výpočet hustoty zo stavovej rovnice), Pt odporový teplomer s voltmetrom na meranie odporu, termostatický kúpeľ na nastavenie teploty kvapaliny.

NOSNÁ KONŠTRUKCIA (obr 1., 2. a 3.) pozostáva zo štyroch zvislých nôh (1,1b), (2, 2b), z 15 horizontálnych nosníkov (5), (8), (9), (12), zo spodnej a hornej vodiacej dosky (23) a (24), hornej základovej dosky (3), dolnej základovej dosky (7) a troch bočníc (17) a (18a,b) . Dosky, nohy a horizontálne nosníky sú navzájom spojené úchytkami (10) a skrutkami (21). V spodnej časti nôh sú 4 ustavovacie nožičky (16) uložené v telesách nožičiek (15).

Zdvíhacia doska (12), ktorá slúži na vertikálny pohyb – zdvih/spustenie meracej nádoby s kvapalinou sa pohybuje na troch pohybových skrutkách (25). Skrutky sú uložené v ložiskách na doskách (23) a (24). Skrutky sú hnané motorom (38), pomocou reťaze (30). Reťaz sa napína posunutím napínacej kladky (28b,c) a (29).

Motor je tromi skrutkami uchytený na dosku motora (34), ktorá je dvomi skrutkami pripevnená na dosku (33), ktorá je upevnená na dolnú vodiacu dosku (24). Motor je s reťazovým kolom (29) spojený perom na hriadeľ motora. V spodnej časti pohybových skrutiek sú reťazové kolá, zabezpečujúce prenos pohybu z motora na skrutky.

KOMPARÁTOROVÉ VÁHY Sartorius – bez úprav. Na závite pod nosičom misky váh je pod váhami zavesený záves s dvomi miskami pre hydrostatické váženie.

Horná miska (obr. 6) má formu rámu, tvoreného horizontálnym nosníkom (77), dvomi zvislými tiahľami (78) a nakladacou rovinou tvaru kríža (80). Miska visí pod váhami na tiahle (76) s kľbom (75). Horná časť závesu je zaskrutkovaná do závitu v spodnej časti váh.

Nakladacie zariadenie (obr. 6) slúži na nakladanie/zdvíhanie kompenzačného závažia na hornej miske a nakladanie/zdvíhanie telesa v kvapaline (guľičky, alebo závažia).

Nakladacie zariadenie má základovú dosku (5), dve bočnice (2), (3) a zadnú dosku (4). Medzi bočnicami sú uložené nad sebou dva vačkové hriadele s vačkami (59),(60). K vačkovým hriadeľom sú z pravej strany pripojené motory (50). Z ľavej strany sú uchytené snímače polohy hriadeľov (58). Nakladacie zariadenie kompenzačného závažia resp. telesa v kvapaline pozostáva z paralelogramu tvoreného dvoma ramenami paralelogramu (26), a držiaku (30), a pružných kĺbov

(25). Paralelogramy sú uchytené k zadnej doske. Na držiaku (30) je uchytený nosič (31), ktorý zdvíha/nakladá telesá na záves. Na nosičoch (31) sú uchytené prvky pre bezprostredný zdvih/naloženie telies na záves.

Nosiče (31) sa zdvíhajú vačkami (59) na hriadeľoch (60). Hriadele, uložené v guľíkových ložiskách, sú otáčané synchronnými motormi (50), upevnenými zvonka na pravej bočnici (3).

Horná poloha vačiek je nastavená indukčným snímačom, spínaným polohovacím kotúčom (58).

Dolná poloha vačiek je nastavená časom otáčania sa motora. Motory majú dobu otáčky 60 sekúnd, teda nastavenú dobu chodu majú 30 sekúnd.

Všetky motory ovládajúce pohyb jednotlivých častí sú nízkonapäťové synchronne motory.

Zariadenie má motory na ovládanie nakladania závaží a motory vyvažovania zaťaženia misky.

Riadenie motorov vykonáva PC podľa programu pre meranie. PC má zabudované dve karty ovládania motorov. Medzi PC a motormi je reléová skriňa zapínania a vypínania motorov.

Komunikácia s motormi je cez sériový port. Motory sú ovládané binárnymi výstupmi a vstupmi.

Pre hornú misku je na nosiči uchytená horizontálna doska (35) so štyrmi zvislými kolíkmi (38) na nabranie závažia. Kolíky prechádzajú tesne okolo kríža misky (80)

Pre dolnú misku je na horizontálnej doske (35) uchytený záves nakladača telies na spodnú misku.

Pre meranie s guľičkou sa používa dolná miska a nakladač s kužeľovou centrovacou plochou (obr. 5). Dolná miska guľičky je tvorená rámčekom (5), (6), (7), s centrovacou plochou v tvare trojnožky (10). Miska je zavesená na strednom závese – teda závese pod váhami a pod hornou miskou.

Nakladač tvoria zvislé rameno (14), nakladací prstenec guľičky (11) s kužeľovou ukladacou plochou a tromi výrezmi pre rebrá trojnožky misky, závesné teleso (15) s vyvažovacími maticami (19).

Nakladač visí na dvoch tiahloch (43 obr 6).

Pre meranie objemu závažia sa používa dolná miska a nakladač s horizontálnou nakladacou plochou (obr. 4). Dolná miska závažia je tvorená rámčekom (5), (6), (7), s nakladacou plochou v tvare kríža (10). Miska je zavesená na strednom závese – teda závese pod váhami a pod hornou miskou. Nakladač tvoria zvislé rameno (14), nakladací prstenec závažia (11) s rovinnou ukladacou plochou a výrezmi pre rebrá kríža misky, závesné teleso (15) s vyvažovacími maticami (19).

Nakladač visí na dvoch tiahloch (43 obr 6).

Záves nakladača tvoria dve zvislé tiahla (43 obr. 6), na ktorých je zavesený prstenec, nesúci dve tiahla nesúce prstenec kardanu. Na prstenci visia dve tiahla (umiestnené v rovine tiahel (43)) na ktoré je bezprostredne zavesený nakladač. Tiahla pre kardan a tiahla pre nakladač majú na koncoch zúženie pre možnosť nasunutia do závesných prvkov nakladača, ktoré sú tvarom a rozmermi totožné so závesným prvkom misky (1- obr 4 a 5)

Záves spodnej misky tvorí tiahlo pod hornou miskou, ktoré má v hornej a dolnej časti kĺb, pričom v spodnej časti nesie teleso závesného prvku misky – umiestnené v obrátenej polohe vzhľadom na miskú. Do tohto telesa je uložený Pt drôt – tvoriaci záves prechádzajúci hladinou kvapaliny. Na koncoch drôta sú guľičky, ktoré zabraňujú jeho vyvlečeniu z telies závesu.

Meracia nádoba pozostáva z troch nádob. Vonkajšia slúži ako tepelný izolant so vzduchovou medzerou. Stredná nádoba umiestnená na dno vonkajšej nádoby nesie vnútornú nádobu s meracou kvapalinou – teda kvapalinou ktorej hustota sa určuje pomocou guľičky, resp. s redestilovanou vodou pre meranie objemov závaží. Do strednej nádoby priteká hadicou voda z termostatu a preteká prepadom do termostatickej vane. Hladina vody v strednej nádobe je vyššie ako hladina vo vnútornej nádobe. Termostat umiestnený vedľa zariadenia je v takej výške, aby kvapalina z vonkajšej nádoby do neho samospádom pretekala.

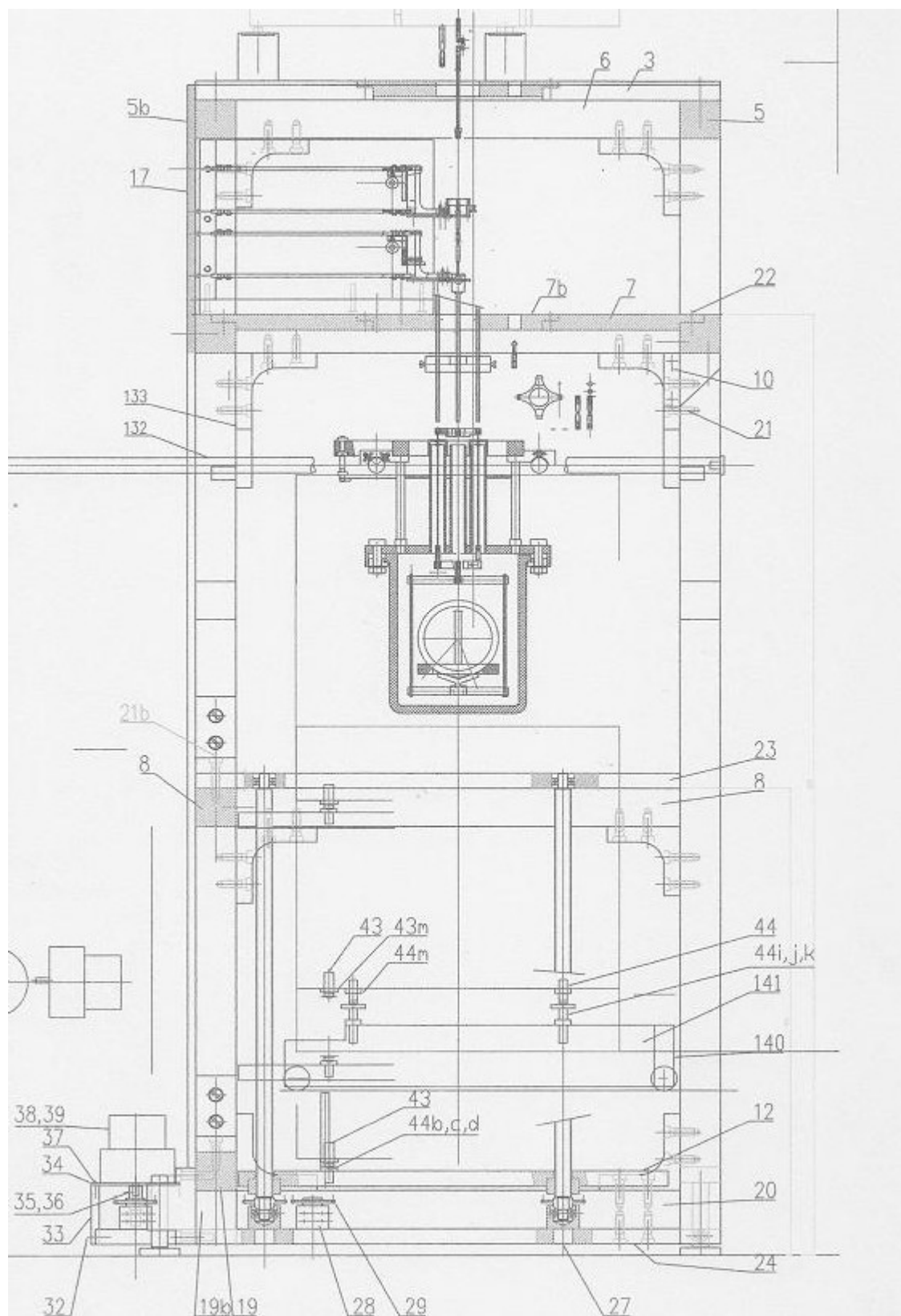
Vo vnútornej nádobe je umiestnený Pt odporový teplomer, v priestore hornej misky je snímač teplomera na meranie hustoty vzduchu.

Miešanie meracej kvapaliny je zabezpečené miešadlom.

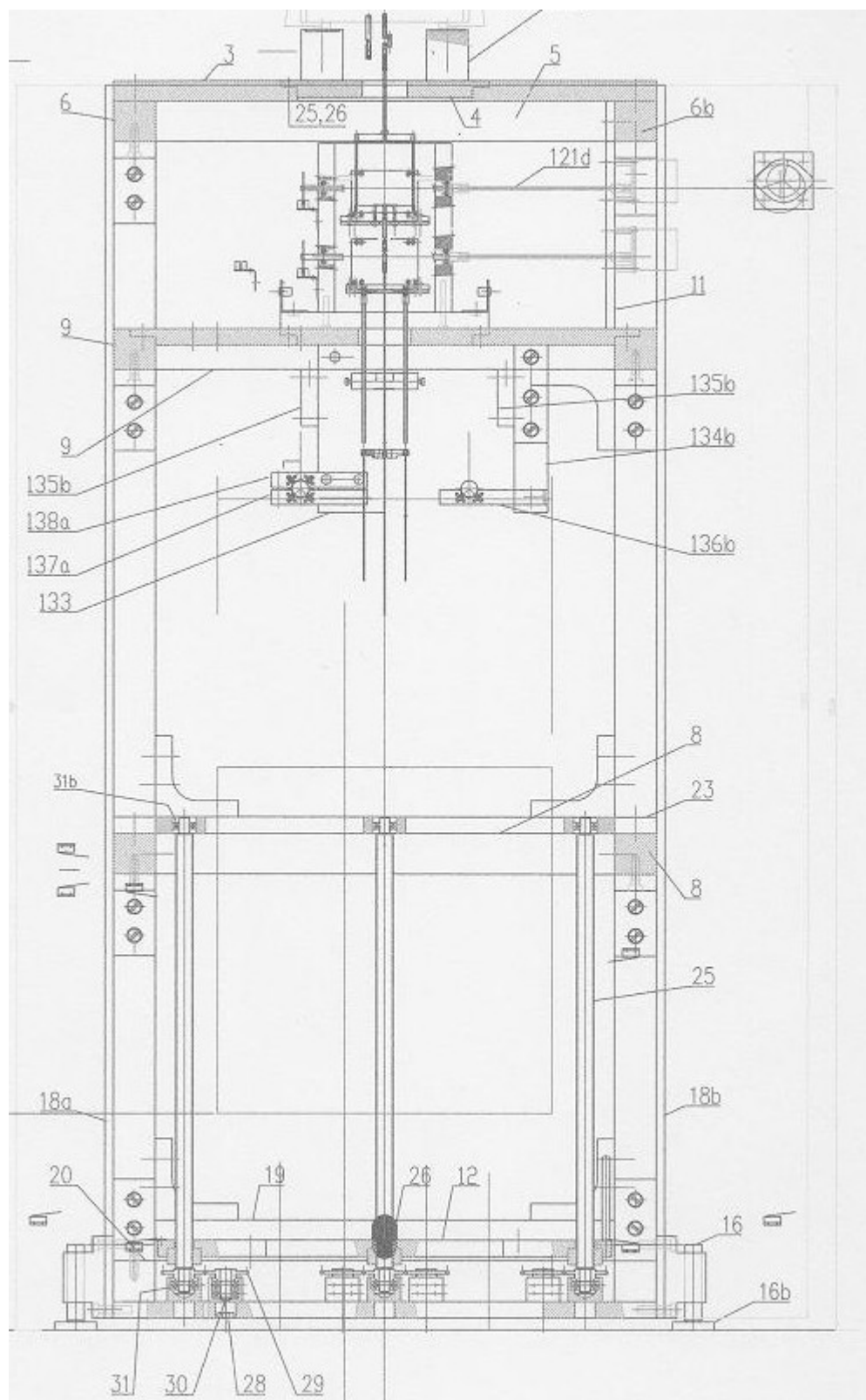
Okolo váh je skrinka, ktorá ich chráni proti vzdušným prúdom. Skrinka je z plexiskla, hrúbky 4 mm celkových rozmerov 300 x 500 x 300 mm. Vpredu sú dvojdielne dvere.

Zariadenie je z troch strán kryté plexisklovým krytom zaveseným na hornú základovú dosku, vpredu je dvojdielny kryt – na hornú a na spodnú časť prednej strany zariadenia.

Počítač s riadiacimi kartami ovládania elektromotorov, skrinka relé na počítači a krabica elektroniky váh, ako aj teplomer, klimatická komora a termostat sú umiestnené zvonku plexisklového krytu.



Obr. 1. Automatické zariadenie na hydrostatické váženie - bokorys



obr. 2. Automatické zariadenie na hydrostatické váženie - nárys

1.7. Popis elektrickej časti zariadenia

Obvodová schéma sa nachádza v prílohe č.3 a 4.

1.7.1 Ochrana pred nebezpečným dotykovým napätím

Ochrana pred dotykom živých a neživých častí elektrického zariadenia je navrhnutá podľa normy IEC 60364-4-41 spočíva v spoľahlivom prevedení el. zariadenia, konštrukciou, izoláciou a starostlivosťou pri montáži el. zariadenia. Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom v normálnej prevádzke je realizovaná izolovaním živých častí, krytmi a ochranou malým napätím PELV. Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom pri poruche je realizovaná samočinným odpojením, prúdovým chráničom a hlavným pospájaním.

1.7.2 Rozvádzač

Elektročasť zariadenia je umiestnená v typovo schválenom, nízkonapäťovom skriňovom rozvádzači.

Technické parametre rozvádzača:

Krytie: IP43
Trieda izolácie: I. s ochranným vodičom
Rozmery: 600 x 380 x 210 mm; AE1039.500
Montáž: na konštrukciu

1.7.3 Popis zapojenia a prvkov rozvádzača

Hlavný prívod 400V TN-S je privedený na svorky hlavného vypínača QM1, ktorý je ovládaný z ľavej bočnej strany rozvádzača D1.

Všetky vonkajšie el. komponenty sú pripojené cez svorkovnice umiestnené v spodnej časti rozvádzača.

1.8. Riadiaci program

Zariadenie je riadené riadiacim programom pracujúcim v systéme Windows 10. Program umožňuje vizualizáciu procesov, vyhodnotenie a archiváciu dát, tlač a export protokolov. Súčasťou programu sú ďalej možnosti logrovania veličín, štatistické funkcie a množstvo užívateľských nastavení.

Zariadenie pracuje v automatickom režime skúšok, tzn. že celý proces je kontrolovaný riadiacim programom a elektronikou, softvér umožňuje dlhodobé skúšky bez prítomnosti obsluhy.

Ďalej je umožnené preddefinovanie skúšobných procedúr na základe požiadaviek obsluhy.

Softvér umožňuje vytvorenie jazykových mutácií (anglický, český jazyk).

Súčasťou dodávky je počítač/notebook s príslušenstvom, tlačiareň nie je súčasťou zariadenia.

Riadiaci počítač je pripojený k zariadeniu prostredníctvom siete Ethernet. Toto umožňuje vzdialenú správu zariadenia priamo užívateľom, prípadne analýzu funkcionality zariadenia v prípade problémov priamo výrobcom.

Podmienkou je umožnenie pripojenia sa k riadiacemu počítaču prostredníctvom internetu.

2. Návod na montáž

Montáž zariadenia u odberateľa prevedie dodávateľ.

Zariadenie musí byť umiestnené na tuhej podlahe **bez vibrácií**. Najlepšie je umiestnenie na betónovej podlahe ktorá nemá pod sebou žiadne iné poschodia. Akékoľvek vibrácie zhoršujú presnosť zariadenia.