

Stavoznak s pneumatickým přenosem

RUDOLF GRÉE, Ústřední výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha

681.128

Sledování a měření stavu zásob kapalin v nádržích je nutné nejen z hlediska bilančního, ale i z hlediska technologického. K tomuto účelu se používá měřících metod různého druhu. V některých případech nás zajímají pouze extrémní hodnoty stavu kapaliny v nádrži, tj. buď nádrž vyprázdněná nebo zcela naplněná. Jindy potřebujeme znát stavy v celém rozsahu od minima do maxima obsahu nádrže. Známe-li závislost obsahu nádrže na její výšce (tuto lze velmi snadno a poměrně přesně zjistit přímým ocejchováním nebo výpočtem), potom nám stačí zjišťovat obsah nádrže nepřímo prostým změřením výšky hladiny. Této nepřímé metody, zjišťování obsahu nádrže pomocí výšky hladiny, se velmi často používá od metody tyčové míry až k dálkovým stavoznakům s elektrickým nebo pneumatickým přenosem.

Existují četné způsoby jak změřit výšku kapalinového sloupce. Kterou metodu použijeme závisí na několika činitelích. Především je to měřená kapalina a její vlastnosti: hustota, viskozita, kyselost, pěnivost aj. Je na první pohled zřejmé, že např. pro měření hladin octa nemůžeme použít kovových elektrodových mezních stavoznaků, které by v tomto silně agresivním prostředí korodovaly. Dále je nutno uvážit, zda měříme v nádrži nad jejíž hladinou je atmosférický tlak — nádrž otevřená — či nad hladinou panuje tlak od atmosféry různý — nádrž uzavřená.

Práce má za úkol seznámit se stavoznakem s pneumatickým přenosem, který je založen na principu měření hydrostatického tlaku sloupce kapaliny probubláváním.

Princip měření výšky hladiny probubláváním

Ve svislé odlehlosti H pod hladinou je hydrostatický tlak p (obr. 1).

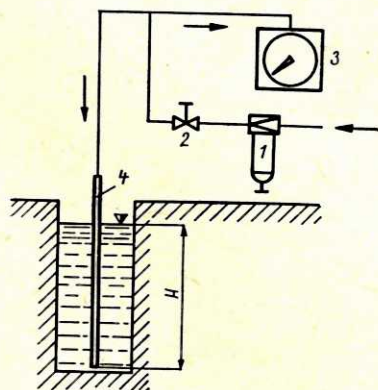
$$p = \gamma_0 H \quad (1)$$

kde p je hydrostatický tlak;

H — hloubka pod hladinou;

γ_0 — měrná tíha kapaliny.

Podle této jednoduché lineární závislosti můžeme při známé měrné tíži γ_0 změřením hydrostatického tlaku p určit výšku H . (Nebo při známé výšce H můžeme poměrně přesně určit měrnou tíhu γ_0 kapaliny.)



Obr. 1. Princip měření hydrostatického tlaku probubláváním

1 — redukční stanice;
2 — škrticí ventil; 3 — měřicí přístroj; 4 — sonda

Do kapaliny, jejíž hydrostatický tlak měříme, je do hloubky H ponořena trubice, kterou malou rychlostí proudí vzduch (nebo vhodný inertní plyn) a probublává kapalinou. Je-li nad hladinou kapaliny

tlak p_b a tlak vzduchu vycházejícího z redukční stanice je p_r , potom rozdíl těchto tlaků se rovná hydrostatickému tlaku sloupce kapaliny, zvětšenému o hydrostatický tlak ztrátové výšky H_z .

$$p_r - p_b = \gamma_0 (H + H_z) = \Delta p_c \quad (2)$$

z toho

$$\gamma_0 H = \Delta p_c - \gamma_0 H_z = \Delta p \quad (3)$$

Tlak vzduchu, který se přivádí ze zdroje tlaku, se upraví redukcí na potřebný tlak p_r . Je zřejmé, že součet výšky měřené a výšky ztrátové musí být větší, než je maximální hloubka ponoření sondy.

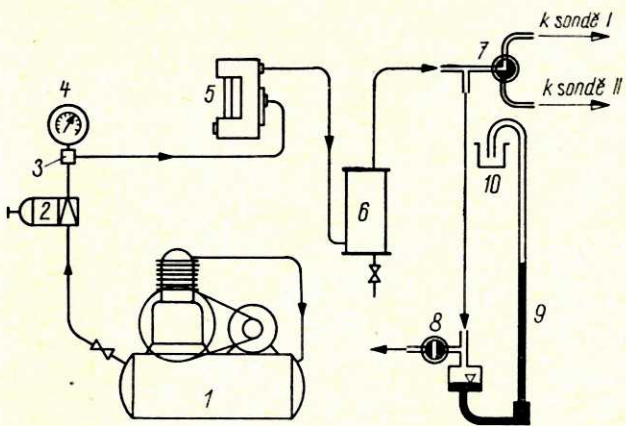
$$H + H_z \geq H_{\max} \quad (4)$$

Vzduch, podle povahy měřené kapaliny, se ještě upravuje (filtrace aj.). Jeho potřebné množství se nastaví vhodným regulačním orgánem, např. škrticím ventilem nebo regulátorem průtoku malých množství (dále jen RPMM). Je-li měřená hladina nepřístupná, je vhodné sledovat množství vystupujících bublin v probublávačce, kde vzduch prochází vrstvou kapaliny. Rychlost vzduchu, proudícího sondou, nemá být příliš velká, protože pasivní odpory v potrubí pak ovlivňují přesnost měření. Tlaková difference Δp se měří paralelně připojeným tlakoměrem s vhodným rozsahem stupnice.

Stavoznak PSU-1

Pro měření hladiny octa ve dvou podzemních nádržích byl vyvinut stavoznak na principu probublávání. Tato metoda se volila vzhledem ke značné agresivnímu prostředí. Rovněž možnost úprav a zavádění potřebných elementů do nádrží byla minimální. Vzhledem k tomu, že se požadovalo pouze občasné měření, aby se obsluha přesvědčila o zásobě octa, použilo se jako tlakového média vzduchu. Tento se částečně čistí v probublávačce.

Schéma přístroje je na obr. 2. Vzduch tlaku 6 atp jde ze zdroje tlaku 1 do redukčního ventilu 2. Zde se upraví na tlak 0,5 atp. Potřebné množství měřícího vzduchu se udržuje RPMM 5. Z jeho výstupu se laděný vzduch vede přes kapalinový uzávěr 6 (probublávačka) do skleněného rozváděcího kohoutu 7. Kapalinový uzávěr zamezuje vnikání octových par do systémů přístrojů 2, 4, 5. Rozváděcí kohoutem



Obr. 2. Schéma stavoznaku PSU-1

1 — zdroj tlaku; 2 — redukční ventil; 3 — rozváděcí kostka;
4 — kontrolní manometr; 5 — RPMM; 6 — kapalinový uzávěr;
7 — rozváděcí kohout; 8 — odvzdušňovací kohout; 9 — U-manometr; 10 — přepadová nádobka

lze přepínat přístroj na každou z obou měřících sond. K rozváděcímu kohoutu je paralelně připojen vlastní měřicí přístroj, v němž se převede tlakový signál na výchylku kapalinového sloupce. Sondy jsou trubky z PVC, vnitřního průměru 12 mm.

Maximální výška octových nádrží je asi 4 m. Byla požadována přesnost, odpovídající změně hladiny octa o 100 mm. Poněvadž komerční tlakoměry jsou robustní, nemají potřebnou přesnost odečítání na stupnici pro požadovaný rozsah (nehledě na dlouhé dodací lhůty), bylo pro měřicí přístroj použito principu U-manometru.

Výpočet U-manometru

Podle označení na obr. 3 platí:

$$\Delta p = \gamma h = \gamma (h_1 + h_2) \quad (5)$$

Tlaková difference Δp je podle (3) rovněž úměrná délce H ponoření sondy (obr. 1).

Před zavedením tlakové difference jsou hladiny v obou ramenech U-manometru v poloze I. Při jejím působení hladiny zaujmou novou polohu II. V rameni o průřezu F_2 klesne o hodnotu h_2 a v rameni o průřezu F_1 vystoupí o míru h_1 . Pak sloupec kapaliny h je v rovnováze s tlakovou diferencí Δp a platí rovnost (5). Z kontinuity toku kapaliny v obou ramenech plyne vztah:

$$F_1 h_1 = F_2 h_2 \quad (6)$$

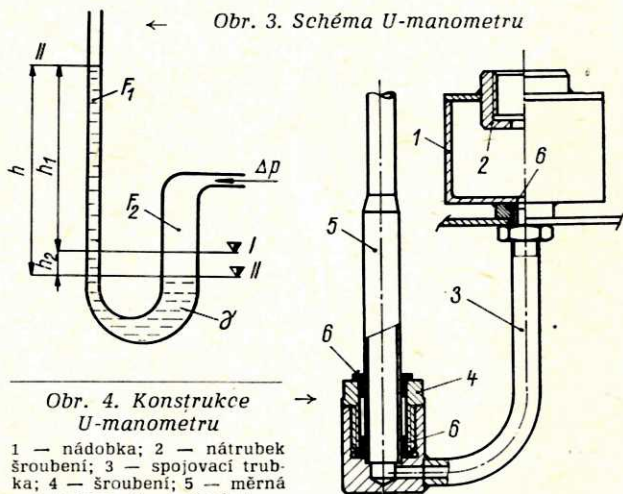
Je ovšem poměrně nesnadné odčítat hodnotu h jako rozdíl hladin v obou ramenech, nehledě k tomu, že při různých hodnotách tlakové difference hladiny mění svoji polohu a nemůžeme proto pevně fixovat počátek stupnice. Pokusme se tedy použít pro stupnici pouze trubici o průřezu F_1 . Existuje lineární převodní vztah, který nám určuje závislost hloubky ponoření sondy H na délce sloupce v této trubici.

$$h_1 = \alpha H \quad (7)$$

Kde převodní součinitel α má hodnotu:

$$\alpha = \frac{\gamma_0}{\gamma} \cdot \frac{F_2}{F_1 + F_2} \quad (8)$$

Tento se dá snadno určit jednoduchou úpravou vztahů (3), (5), (6). Při předpokládané maximální hloubce $H_{\max} = 4$ m, musí konstrukčně $h_{1\max}$ vyjít v rozumné mezí. Ze vztahu je zřejmé, že tuto okolnost můžeme ovlivnit vhodnou kapalinovou náplní U-trubice, ale hlavně vhodně volenými průřezy obou ramen. Kapalinovou náplň jsme totiž poměrně omezení. Jednoduchým rozložením vztahu (8) snadno uvidíme, že měrná tíha γ náplně musí být



Obr. 4. Konstrukce U-manometru

1 — nádobka; 2 — nátrubek šroubení; 3 — spojovací trubka; 4 — šroubení; 5 — měrná trubice; 6 — těsnění

podstatně větší než měrná tíha γ_0 octa, aby délka měřícího sloupce h_1 vyšla v konstrukčně únosné míře. Kdyby např. byla náplň voda a průřezy ramen $F_1 = F_2 = F$, pak převodní činitel $\alpha = 0,5$ a délka měřícího sloupce $h_{1\max} = 2$ m. Kromě toho voda má celou řadu nepříznivých vlastností pro tento účel (mrznutí, odpařování). Proto jako náplň byla zvolena rtuť, jejíž měrná tíha $\gamma = 13,6$ kp dm^{-3} . Touto volbou je už dán celkový rozdíl h hladin v obou ramenech. Pro snazší odčítání a pevné fixování počátku stupnice potlačíme výšku h_2 . Toto se dá provést vhodnou volbou průřezů F_1, F_2 .

Konstrukčně byla zvolena měřicí trubice průměru $d_1 = 5$ mm. Druhé rameno má průměr $d_2 = 50$ mm.

Pro tento případ má závislost (7) hodnotu:

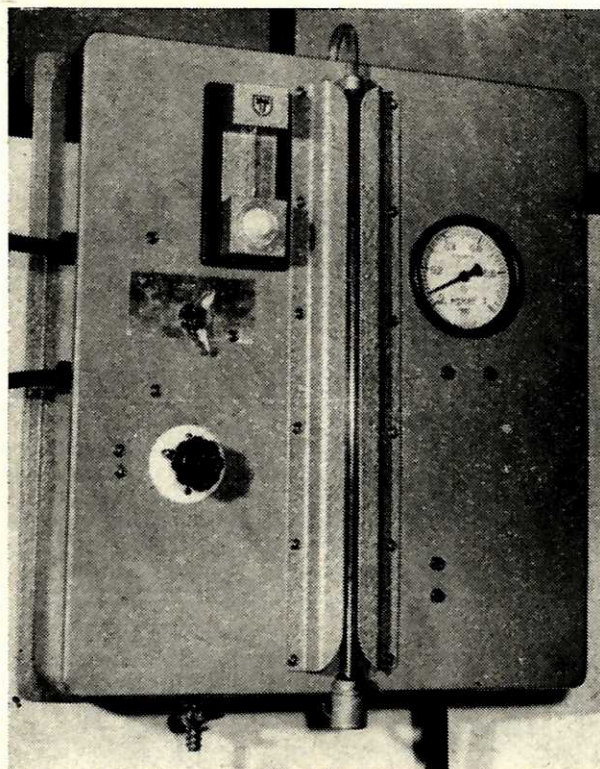
$$h_1 = 7,26 \cdot 10^{-2} \cdot H \quad (9)$$

Pro hloubku $H_{\max} = 4$ m je tedy délka stupnice $h_{1\max} = 290$ mm. Toto je zcela vyhovující stupnice měřícího přístroje. Jestliže uvažíme, že změna hladiny v nádrži o 50 mm se projeví na měřicí trubici změnou o asi 3,5 mm, a to je hodnota dobře čitelná, potom můžeme tvrdit, že U-manometr dostatečně citlivě sleduje změny hladiny měřené kapaliny.

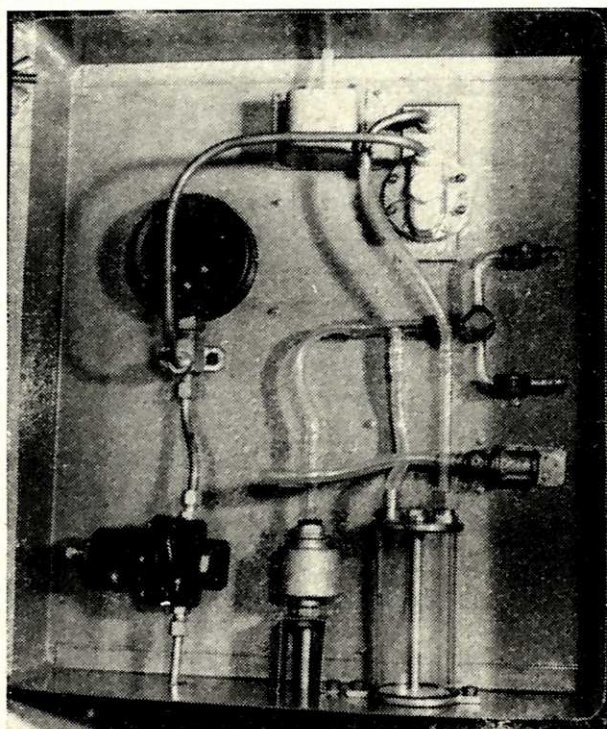
Konstrukční provedení U-manometru je na obr. 4. Nádobka 1, která tvoří jedno rameno U-manometru, má vnitřní průměr 50 mm. V jejím víku je nátrubek šroubení pro připojení potrubí k přívodu tlakového signálu. Do dna nádoby je zašroubována kovová trubka 3. K ní je přivařeno těleso šroubení 4. Do šroubení je zasunuta skleněná měrná trubice 5, utěsněná gumovým těsněním. Kovové konstrukční části jsou z oceli. Protože náplň je rtuťová, nelze použít barevných kovů.

Provedení přístroje

Přístroj je řešen v panelovém provedení. Tvoří jej krabice z ocelového mořeného plechu 0,8 mm.



Obr. 5. Pneumatický stavoznak PSU-1



Obr. 6. Vnitřek stavoznaku PSU-1

Foto: L. Gréeová

Vnější rozměry jsou 500 × 440 × 120 mm. Krabice je závěsy otočně připevněna na rámu z uhlíkové oceli. Rám slouží k upevnění přístroje na nosnou konstrukci. Rám je opatřen límcem, který současně vyztužuje krabici při zavřené poloze.

Na lici čelní stěny krabice je kruhový otvor pro ciferník kontrolního manometru, otvor pro vyústění ovládacích a měřicích částí RPMM, ovládání rozváděcího kohoutu a kohoutu, kterým se odvodušňuje systém přístroje. Středem je vedena skleněná trubice U-manometru, která je v dolní části napojena na kovovou nádobku se rtuť umístěnou uvnitř krabice. Nahoře je skleněná trubice obloukovitě vyhnuta a krátkým polyetylenovým nástavcem ústí do přepadové nádobky, umístěné rovněž uvnitř krabice. Nádobka slouží pro zachycení přelité rtuťové náplně při nadměrném stoupnutí tlaku v U-manometru. Po obou stranách trubice jsou přišroubovány dvě profilované lišty, na kterých jsou vyznačeny stupnice pro obě sondy. Stupnice jsou nanášeny směrem nahoru a cejchují se podle objemu nádrže. Lišty současně vyztužují konstrukci krabice. Na rubu čelní stěny krabice jsou uchyceny ostatní součásti přístroje.

Tlakový vzduch se do přístroje přivádí nátrubkem, který je převlečnou maticí upevněn na vstup redukčního ventilu. Nátrubek je vyveden ve spodní části krabice. Zde je rovněž situován odkalovací kohout kapalinového uzávěru. Na pravém boku přístroje jsou vývody pro připojení sond. Propojovací gumové hadice zde procházejí těsnými gumovými průchodkami.

Použité přístroje

1. Redukční ventil, výrobek n. p. ZPA (typ 07035). Přístroje se užívá k redukci napájecího vzduchu pro pneumatické přístroje a udržování tlaku na konstantní hodnotě. Přístroj pracuje na principu škrcení vzduchu v kulovém ventilu. Ventil je ovládán přes membránu předpětím pružiny, která nám udává velikost redukce.

Technické údaje:

Typ číslo	Max. tlak převodního vzduchu	Max. odběr	Váha přístroje
07035	8 atp	20 l/min	0,8 kp

Výstupní signál je nastavitelný v rozmezí 0 až 1,5 atp. Pro připojení se užívá měděná trubka 8 × 1 mm.

2. Regulátor průtoku malých množství — výrobek n. p. ZPA (typ 07331). Přístroj je určen k udržování konstantního průtoku vzduchu nastavitelného v rozsahu 0,1 až 1 Nl/min, a to nezávisle na změnách tlaku na výstupní straně přístroje. Speciálně je tento přístroj určen pro aparatury, které měří výšku hladiny na principu provzdušňování.

Přístroj se skládá z vlastního regulátoru a rotametu, který měří proteklé množství vzduchu. Tlak vzdušiny na výstupu se zavádí do měřicí sondy. Tlak na výstupu z přístroje se může pohybovat v rozmezí 0 až 8 atp.

3. Kontrolní manometr o rozsahu 0 až 1 atp.

Závěr

V uvedené práci byl popsán způsob měření výšky hladiny založený na principu měření hydrostatického tlaku probubláváním. Pro tento způsob měření byl popsán přístroj vyvinutý pro měření zásob octa ve dvou podzemních nádržích. Přístroj pracuje v rozsahu 0 až 5 m měřeného vodního sloupce a má převod na stupnici 7,26 : 100. Znamená to, že při změně výšky hladiny o 100 mm se změní délky měřicího sloupce o 7,26 mm. Jako měřicího orgánu bylo použito U-manometru se rtuťovou náplní a rozdílnými průřezy obou ramen. Stavoznak pracuje s laděným tlakem vzduchu 0,5 atp.

Došlo do redakce 21. 7. 1964.

УКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

В статье описывается способ измерения уровня жидкостей в резервуарах при помощи нового прибора, работающего на принципе баротажа под гидростатическим давлением. Прибор был сконструирован для измерения запасов уксуса в подземных резервуарах. Прибор собран полностью из стандартных элементов, выпускаемых заводом ЗПА и имеет форму панели размером 500 × 440 × 120 мм.

STANDZEIGER MIT PNEUMATISCHER ÜBERTRAGUNG

Die Messung der Spiegelhöhe mittels eines neu konstruierten Apparates, der auf dem Prinzip des hydrostatischen Drucks mit Durchperlen arbeitet, wird beschrieben. Der Standzeiger wurde für die Messung der Essigvorräte in unterirdischen Behältern entwickelt, und zwar in Schalltafelaustrführung (die Masse 500 × 440 × 120 mm). Zu seiner Konstruktion wurden die normalen Geräte der Firma ZPA (Werke der Industrieautomatisierung) benutzt.

LEVEL GAUGE WITH PNEUMATIC TRANSFER

The article deals with a new type of level gauge. The function of the instrument is based on the principle of hydrostatic pressure and bubbling through. The gauge has been developed for measuring the level of vinegar in underground tanks. It is assembled of standard elements manufactured by the ZPA Works and has the form of a 500 × 440 × 120 mm panel.