

**Analýza nejistot v měření při ověřování
objemových průtokoměrů na měřící lince**

**Analysis of measurement uncertainty of the
measuring unit when verifying positive
displacement flow meters**

Michal Babušík



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav aplikované informatiky
akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal BABUŠÍK**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Analýza nejistot v měření při ověřování objemových průtokoměrů na měřicí lince.**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši pro řešení, provedte analýzu zadání z pohledu platné ČSN a zkušeností z praxe.
2. Definujte nejistoty v měření průtoku a množství u etalonů, hodnocených snímačů a vyhodnocení.
3. vypracujte návrh na zmenšení nejistot v měření.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HRUŠKA F. Technické prostředky automatizace IV. Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Učební texty. 3.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, květen 2005, s. 107. ISBN 80-7318-274-2

2. HRUŠKA F.: Technické prostředky automatizace III. Senzory, jejich principy a funkce. Učební texty. 2.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, září 2005, s. 118. ISBN 80-7318-315-3.

3. ČSN 25 7801

ČSN 25 7501

ČSN ISO 4064, 1, 2, 3

ČSN ISO 7858

ČSN ISO 10 385

4. Příručka jakosti ke zkušební stanici PREMATEST

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Hruška, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2007

Ve Zlíně dne 13. února 2007

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této práce je definovat nejistoty, které jsou spojeny s ověřováním objemových průtokoměrů. Teoretická část je zaměřena na ověřování objemových průtokoměrů dle ČSN, na hlavní faktory ovlivňující měření, základní druhy nejistot, konstrukcí a funkcí objemových průtokoměrů a seznámení s měřicí linkou, na které bylo prováděno měření. Praktická část se zaměřuje na definici a výpočet nejistot měření přímo souvisejících s ověřováním objemových průtokoměrů na měřicí lince a návrhu na zmenšení těchto nejistot.

Klíčová slova: měření, nejistota, vodoměry, ověřování, metrologie, kalibrace, průtok

ABSTRACT

The goal of this essay is to define the measurement uncertainties, which are linked to verification of the positive displacement flow meters. The theoretical part is oriented on: verification of the positive displacement flow meters according to czech technical standards (ČSN), general element which impact the measurement, basic kinds of measurement uncertainties, constructions and functions of the positive displacement flow meters, identification of measurement line, which made the measurement. The practical part is specialized on definition and calculation of the measurement uncertainties which relate to verification of the positive displacement flow meters on the measurement line and on the proposal of the reduction of this measurement uncertainties.

Keywords: Measurement, measurement uncertainty, flow meters, verification, metrology, calibration, flow

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Doc. Ing. Františku Hruškovi, Ph.D. za jeho neocenitelnou pomoc, podporu a vedení bez něhož by tato práce nevznikla. Dále bych rád poděkoval mému příteli Ing. Pavlu Růžičkovi Ph.D. za jeho pomoc při vyhodnocení údajů a za jeho rady při návrhu zlepšení.

Motto:

“ Tajemství úspěchu v životě není dělat, co se nám líbí, ale nalézt zalíbení v tom, co děláme. ”

Thomas Alva Edison (* 1874 - † 1931)

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 NEJISTOTY MĚŘENÍ	10
1.1 STANOVENÍ NEJISTOTY TYPU A	10
1.2 STANOVENÍ NEJISTOTY TYPU B	12
1.3 VÝPOČET STANDARDNÍ NEJISTOTY ODHADU HODNOTY VÝSTUPNÍ VELIČINY	13
1.4 ROZŠÍŘENÁ NEJISTOTA MĚŘENÍ	16
1.5 ZDROJE NEJISTOT MĚŘENÍ	17
2 OVĚŘOVÁNÍ PRŮTOKOMĚŘŮ	18
2.1 SPOLEČNÉ POŽADAVKY	18
2.1.1 Jakost vody.....	18
2.1.2 Zkoušení vodoměrů ve skupinách.....	18
2.1.3 Teplota vody.....	18
2.1.4 Umístění	18
2.2 CHYBY MĚŘENÍ	18
2.3 ZKOUŠKY S ODEČÍTÁNÍM V KLIDOVÉM STAVU	19
2.4 ZKOUŠKY S ODEČÍTÁNÍM HODNOT ZA USTÁLENÝCH PODMÍNEK PROUDĚNÍ	20
2.5 HLAVNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MĚŘENÍ CHYBY INDIKACE	20
2.5.1 Napájecí tlak.....	20
2.5.2 Průtok	20
2.5.3 Teplota.....	20
2.6 DOPLŇUJÍCÍ PODMÍNKY PRO ZKOUŠKY VODOMĚŘŮ	20
2.7 TŘÍDY PŘESNOSTÍ VODOMĚŘŮ	21
2.8 PRŮTOKY	22
2.8.1 Maximální průtok (Q_{max}).....	22
2.8.2 Jmenovitý průtok (Q_n).....	22
2.8.3 Minimální průtok (Q_{min}).....	23
2.8.4 Přechodový průtok (Q_t).....	23
3 ZKUŠEBNÍ STANICE PREMATEST	24
4 MĚŘENÍ PRŮTOKU A MNOŽSTVÍ KAPALIN	26
4.1 OBJEMOVÉ PRŮTOKOMĚRY.....	26
4.1.1 Průtokoměry s lopatkovým kolem	26
4.1.2 Průtokoměry turbínové.....	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
5 STANOVENÍ NEJISTOT	29

5.1	NEJISTOTY TYPU A	29
5.2	NEJISTOTY TYPU B	33
5.2.1	Nejistota váhy	33
5.2.2	Nejistota daná odparem v nádobě	34
5.2.3	Nejistota daná rozdílnou teplotou potrubí na začátku a na konci měření	34
5.2.4	Nejistota daná vlivem rozdílného tlaku mezi měřeným zařízením a etalonem	35
5.2.5	Nejistota daná rozdílem teplot v měřidle a etalonu v průběhu měření	36
5.2.6	Nejistota stanovení hustoty	36
5.2.7	Výsledná nejistota typu B	37
5.3	STANOVENÍ ROZŠÍŘENÉ KOMBINOVANÉ STANDARDNÍ NEJISTOTY	38
6	ZMENŠENÍ NEJISTOT MĚŘENÍ.....	39
6.1	NEJISTOTA VÁHY	39
6.2	NEJISTOTA DANÁ ROZDÍLEM TEPLOT V MĚŘIDLE A ETALONU V PRŮBĚHU MĚŘENÍ.....	39
6.3	NEJISTOTA DANÁ ODPAREM V NÁDOBĚ	40
6.4	DALŠÍ ZMENŠENÍ NEJISTOT	40
	ZÁVĚR.....	41
	RESULT	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ	45
	SEZNAM TABULEK.....	46
	SEZNAM PŘÍLOH.....	47

ÚVOD

Měření průtoku patří do málo početné skupiny úkolů měřicí techniky v nichž, nejistoty a poruchy měřicího postupu bezprostředně ovlivňují ekonomické parametry technologického procesu. Metrologické vlastnosti (zejména nejistota měření) průtokoměrů se tak přímo promítají do cenových a nákladových relací podniku. Je to patrné při měření průtoku, kdy nejistoty měření vyvolávají přímo vyčíslitelné finanční ztráty na straně dodavatelé nebo odběratele v závislosti na tom jestli chyba měřicího přístroje je kladná nebo záporná. Negativním dopadům ztrát, lze do určité míry zabránit pochopením fyzikálních procesů probíhajících v přístroji a volbou přístroje, který je určen pro prostředí a podmínky, které požadujeme.

Aby mohly průtokoměry sloužit k odečtu správných hodnot a také, aby mohly sloužit jako fakturační měřidla, musí být seřizeny a musí být ověřena přesnost hodnot, které naměří (musí být oceňovány). Ke správnému určení chyby jednotlivých vodoměrů se používá cejchovací linky, na kterých probíhá srovnávání hodnot proleklého množství kapaliny naměřených na vodoměru s hodnotami, které jsou naměřeny na etalonovém měřidle (váha, elektromagnetický průtokoměr). Při vyhodnocení ověření vodoměrů se také musí přihlídnout k vlivům, které mají negativní vliv na přesnost měření. Těmto vlivům se říká nejistota měření a udává chybu, se kterou je udávána přesnost při ověřování. Tato nejistota se skládá s několika dílčích nejistot, kterými například může být roztažnost potrubí při změně teploty nebo třeba změna tlaku v měřicím okruhu a samozřejmě i další.

Jednotlivé nejistoty působící při ověřování sice na první pohled nemusí vypadat, že by mohly mít výraznější vliv na měření, ale jejich celkový součet může výsledek měření významně ovlivnit. Velikost těchto dílčích nejistot se pohybuje řádově od tisícín procent až po desetiny procent.

Kromě nejistot závisí přesnost měřidla také na dalších vlivech, které negativně působí na přesnost. Těmito vlivy jsou například nesprávné zvolení typu měřicího zařízení, umístění v nevhodných podmínkách a nebo třeba špatná montáž zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NEJISTOTY MĚŘENÍ

Nejistota měření je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně přisuzovány k měřené veličině. Jako měřené veličiny jsou označovány ty blíže určené veličiny, které jsou předmětem měření. Při kalibracích se obvykle pracuje pouze s jednou měřenou veličinou, resp. jednou *výstupní veličinou* Y závislou na určitém počtu *vstupních veličin* X_i ($i = 1, 2, \dots, N$) podle funkční závislosti $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, kde funkce f reprezentuje postup měření a metodu stanovení a popisuje, jak jsou hodnoty výstupní veličiny Y stanovovány z hodnot vstupních veličin X_i . Ve většině případů se bude jednat o analytickou funkci. Může se ale jednat i o skupinu funkcí zahrnující korekce a korekční faktory systematických vlivů, a tím o komplikovanější vztah mezi výstupní veličinou a vstupními veličinami, který není zapsán jako jedna explicitní funkce. Dále může být funkce f určena experimentálně nebo může existovat pouze v podobě numericky vyhodnocovaného počítačového algoritmu nebo se může jednat o kombinaci všech výše uvedených možností. [12]

Množinu vstupních veličin X_i lze rozdělit do dvou základních kategorií dle způsobu, jakým byla stanovena jejich hodnota a nejistota s touto hodnotou spojená:

1. Nejistoty typu A jsou veličiny, u nichž byl odhad a s ním spojená nejistota přímo stanoven na základě provedeného měření. Tyto hodnoty mohou být stanoveny např. na základě jednoho pozorování (měření), opakovaného pozorování nebo odborného úsudku na základě zkušeností. Dále mohou zahrnovat jak korekce na odečítání přístroje, tak korekce na ovlivňující veličiny jako jsou teplota prostředí, atmosférický tlak nebo vlhkost. [12]

2. Nejistoty typu B jsou veličiny, u nichž byl pro dané měření odhad hodnoty, a s ním spojená nejistota, převzat z externích zdrojů, jako je tomu v případě veličin vztahujících se ke kalibrovaným měřícím etalonům, certifikovaným referenčním materiálům nebo referenčním údajům převzatým z příruček. [12]

1.1 Stanovení nejistoty typu A

Postup pro stanovení nejistoty typu A lze použít tehdy, pokud bylo za stejných podmínek provedeno několik nezávislých pozorování stupních veličin. Pokud je měření prováděno s dostatečným rozlišením, bude pozorovatelné rozptýlení získaných hodnot. [12]

Označme opakovaně měřenou vstupní veličinu X_i jako veličinu Q . Odhad q hodnoty veličiny Q , na základě n statisticky nezávislých pozorování (n je větší než 1), je dán aritmetickým průměrem individuálních napozorovaných hodnot q_j ($j=1,2,\dots,n$)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (1)$$

Nejistota měření spojená s odhadem q se stanoví odhadem rozptylu pravděpodobností. Rozdělení hodnot je výběrový rozptyl $s^2(q)$ hodnot q_j , který je stanoven dle vztahu:

$$S^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum (q_j - \bar{q})^2 \quad (2)$$

Kladná odmocnina takto stanoveného rozptylu je označována jako výběrová směrodatná odchylka. Nejlepší odhad rozptylu aritmetického průměru q je výběrový rozptyl aritmetického průměru stanovený dle vztahu:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q)}{n} \quad (3)$$

Jeho (kladná) druhá odmocnina je pak označována jako výběrová směrodatná odchylka průměru. Standardní nejistota $u(q)$ odhadu q je pak rovna výše uvedené experimentální směrodatné odchylce průměru:

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (4)$$

Obecně platí, že pokud je počet opakovaných měření n malý ($n < 10$), musí být zvážena spolehlivost odhadu standardní nejistoty typu A stanovené dle vztahu (4). Pokud nemůže být počet pozorování zvýšen, je třeba pro stanovení standardní nejistoty zvážit použití dalších možností. [12]

Pro měření, která jsou dobře popsána a statisticky vyhodnocována, může být k dispozici odhad rozptylu s_p^2 z velkého počtu měření lépe charakterizující rozptýlení hodnot než odhad standardní odchylky stanovený z omezeného počtu pozorování. Pokud je v takovém případě hodnota vstupní veličiny Q určena jako aritmetický průměr q malého počtu n nezávislých pozorování, lze odhad rozptylu aritmetického průměru stanovit dle vztahu:

$$S^2(\bar{q}) = \frac{S_p^2}{n} \quad (5)$$

Standardní nejistota je pak z této hodnoty odvozena dle vztahu (4). [12]

1.2 Stanovení nejistoty typu B

Postup pro stanovení standardní nejistoty typu B je založen na stanovení nejistoty vztahující se k odhadu x_i vstupní veličiny X_i jiným způsobem než statistickou analýzou série pozorování. Příslušná standardní nejistota $u(x_i)$ je určena odborným úsudkem na základě všech dostupných informací o možné variabilitě veličiny X_i . [12]

Nejistoty náležící do této kategorie mohou být odvozeny na základě:

- údajů z dříve provedených měření,
- zkušenosti s chováním a vlastnostmi příslušných materiálů a zařízení nebo jejich obecné znalosti,
- údajů výrobce,
- údajů uváděných v kalibračních listech nebo jiných certifikátech,
- nejistot referenčních údajů převzatých z příruček.

Správné použití postupu pro stanovení standardní nejistoty typu B může vést k hodnotě nejistoty stejně spolehlivé jako v případě užití postupu pro stanovení nejistoty typu A, a to zejména v případech, kdy je nejistota typu A stanovena z relativně malého počtu statisticky nezávislých pozorování. V takových případech je třeba rozlišovat případy:

- a) Pokud je pro veličinu X_i známá pouze jedna hodnota, jako např. jedna naměřená hodnota, výsledná hodnota z předchozího měření, referenční hodnota z literatury nebo korekční hodnota, použije se tato hodnota za odhad x_i . Standardní nejistota $u(x_i)$ náležící k této hodnotě musí být převzata ze stejného zdroje. Není-li to možné, musí být nejistota spočtena z důvěryhodných údajů. Pokud data tohoto charakteru nejsou k dispozici, musí být nejistota odhadnuta na základě zkušenosti. [12]

- b) Pokud lze na základě teorie nebo zkušenosti předpokládat pro veličinu X_i určité pravděpodobnostní rozdělení, je třeba použít za odhad x_i příslušnou očekávanou hodnotu a za příslušnou standardní nejistotu $u(x_i)$ odmocninu rozptylu tohoto rozdělení. [12]
- c) Pokud lze pro hodnoty veličiny X_i odhadnout pouze horní a dolní limit a_+ a a_- . (např. údaj výrobce pro měřicí zařízení, rozmezí teplot, zaokrouhlovací chyby nebo chyby vznikající zkracováním při automatické redukci dat), je třeba použít pro popis její variability rovnoměrného rozdělení. Dle výše uvedeného případu (b) to vede ke vztahu:

$$x_i = \frac{1}{2}(a_+ + a_-) \quad (6)$$

pro odhad hodnoty a na vztah:

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2 \quad (7)$$

pro druhou mocninu standardní nejistoty. Pokud rozdíl mezi limitními hodnotami označíme jako $2a$, lze vztah (7) upravit na tvar:

$$u^2(x_i) = \frac{1}{3}a^2 \quad (8)$$

Použití rovnoměrného rozdělení představuje přiměřené statistické vyjádření nedostatečné znalosti vstupní veličiny X_i , pokud o ní nejsou známy jiné informace, než jsou limity její variability. Pokud ale víme, že pravděpodobnost výskytu hodnot v okolí středu intervalu hodnot je vyšší než pravděpodobnost výskytu hodnot v krajích intervalu, může být vhodnější použití trojúhelníkového nebo normálního rozdělení. Naopak, pokud je výskyt hodnot v krajích intervalu pravděpodobnější než ve středu intervalu, může být vhodnější použít U rozdělení. [12]

1.3 Výpočet standardní nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny

Pro nekorelované vstupní veličiny je druhá mocnina standardní nejistoty odhadu y hodnoty výstupní veličiny definována vztahem:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (9)$$

V některých případech, které se při kalibraci objevují zřídka, kdy funkce f je silně nelineární nebo některé z koeficientů citlivost (viz vztah 9 a 10) jsou nulové, je nutné do vztahu (9) zahrnout i členy vyšších řádů. [12]

Veličina $u_i(y)$ ($i=1,2,\dots,N$) je příspěvkem ke standardní nejistotě odhadu y výstupní veličiny vyplývající ze standardní nejistoty odhadu x_i vstupní veličiny:

$$u_i(y) = c_i \times u(x_i) \quad (10)$$

kde c_i je koeficient citlivosti odpovídající odhadu hodnoty x_i vstupní veličiny, tj. hodnota parciální derivace funkce f dle vstupní veličiny X_i pro odhad její hodnoty x_i :

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (11)$$

Koeficient citlivosti c_i popisuje, do jaké míry je odhad výstupní hodnoty ovlivňován změnami v odhadu x_i vstupní veličiny X_i . Jeho hodnota může být stanovena z rovnice funkce f dle vztahu (11) nebo pomocí numerických metod, tj. výpočtem změny hodnoty odhadu y výstupní veličiny vzhledem ke změně odhadu x_i vstupní veličiny v rozmezí $+u(x_i)$ a $-u(x_i)$. Jako hodnota koeficientu c_i se vezme výsledná změna v hodnotě y dělená $2u(x_i)$. V některých případech může být vhodnější nalézt změnu hodnoty y experimentálně opakováním měření např. v rozsahu $x_i \pm u(x_i)$. [12]

I když je $u(x_i)$ vždy kladné, příspěvek $u_i(y)$ dle vztahu (10) může být podle znaménka koeficientu citlivosti c_i kladný nebo záporný. Znaménko $u_i(y)$ je třeba vzít v úvahu v případě korelovaných vstupních veličin. [12]

Pokud je funkce f definována jako součet nebo rozdíl vstupních veličin X_i :

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (12)$$

je odhad hodnoty výstupní veličiny dán součtem či rozdílem odpovídajících odhadů hodnot vstupních veličin. [12]

$$y = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (13)$$

protože hodnoty koeficientů citlivosti jsou rovny p_i a vztah (9) přechází na tvar:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N p_i^2 u^2(x_i) \quad (14)$$

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = c \prod_{i=1}^N x_i^{p_i}$$

Pokud je funkce f definován jako součin nebo podíl vstupních veličin X_i je odhad hodnoty výstupní veličiny dán součinem či podílem odhadů hodnot vstupních veličin:

$$y = c \prod_{i=1}^N x_i^{p_i} \quad (15)$$

V tomto případě jsou koeficienty citlivosti rovny $p_i y/x_i$ a jsou použity *relativní* standardní nejistoty $w(y)=u(y)/y/$ a $w(x_i)/x_i/$ a výpočet je pak definován vztahem:

$$w^2(y) = \sum_{i=1}^N p_i^2 w^2(x_i) \quad (16)$$

Pokud jsou dvě vstupní veličiny X_i a X_k korelované, tj. jestliže jsou na sobě určitým způsobem závislé, musí se jako jeden z příspěvků k nejistotě uvažovat i jejich *kovariance*. Postup stanovení je uveden v příloze D. Schopnost vzít do úvahy výše uvedený vliv korelací závisí na znalostech průběhu měření a odhadu vzájemné závislosti vstupních veličin. Obecně je nutné respektovat fakt, že zanedbání vzájemných závislostí mezi vstupními veličinami může vést k nesprávnému stanovení standardní nejistoty výsledku měření. [12]

Kovariance odpovídající odhadům dvou vstupních veličin X_i a X_k může být považována za nulovou nebo zanedbána v případech, kdy vstupní veličiny X_i a X_k jsou nezávislé, např. proto, že byly opakovaně, ale ne současně, zjišťovány v různých nezávislých experimentech, nebo protože představují výsledné hodnoty nezávisle prováděných vyhodnocení, nebo pokud jedna ze vstupních veličin může být považována za konstantu, nebo pokud analýza neposkytne informace ukazující přítomnost korelace mezi vstupními veličinami X_i a X_k . [12]

V některých případech se lze vyvarovat korelací mezi veličinami vhodným výběrem funkce f modelující postup pro měření. [12]

Analýza nejistot pro určité měření musí obsahovat seznam všech zdrojů nejistot spolu s jejich standardními nejistotami měření a způsoby jejich výpočtu nebo odhadu. Pro

opakovaná měření musí být zároveň uveden i počet pozorování n , aby byla zajištěna přehlednost a jasnost údajů. [12]

1.4 Rozšířená nejistota měření

V případech, kdy lze usuzovat na normální rozlišení měřené veličiny, a kdy standardní nejistota odhadu y je stanovena s dostatečnou spolehlivostí, je třeba použít standardní koeficient rozšíření $k=2$. Takto stanovená rozšířená nejistota odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%, Tyto podmínky jsou splněny ve většině případů, s kterými se lze setkat při kalibracích. [12]

Předpoklad normálního rozdělení nemůže být v některých případech snadno experimentálně potvrzen. Avšak v případech, kde několik (tj. $N \geq 3$) složek nejistot odvozených z nezávislých veličin majících rozdělení s běžným průběhem (např. normální nebo rovnoměrné rozdělení) srovnatelně přispívá ke standardní nejistotě odhadu y výstupní veličiny, jsou splněny podmínky Centrální limitní věty, a lze tedy předpokládat, že rozdělení hodnot y je normální. [12]

Spolehlivost standardní nejistoty přiřazené k odhadu hodnoty výstupní veličiny je určena jejími efektivními stupni volnosti. Nicméně, kritérium spolehlivosti je vždy splněno tehdy, když žádný z příspěvků nejistoty, určený dle postupu pro nejistotu typu A, není stanoven z méně než deseti opakovaných pozorování. [12]

Pokud není ani jedna z těchto podmínek splněna (normalita rozdělení či dostatečná spolehlivost), může vést použití standardního koeficientu rozšíření $k = 2$ k rozšířené hodnotě nejistoty odpovídající pravděpodobnosti pokrytí menší než 95 %. V těchto případech je pak nutné použít jiné postupy tak, aby bylo zajištěno, že uvedená rozšířená nejistota odpovídá stejné pravděpodobnosti pokrytí jako ve standardním případě. Použití přibližně shodné pravděpodobnosti pokrytí je nezbytné v těch případech, kdy se porovnávají dva výsledky měření stejné veličiny, tj. např. při vyhodnocování mezilaboratorních porovnaní nebo při rozhodování o shodě se zadanou hodnotou. [12]

Ve zbývajících případech, kdy nelze použít předpokladu normálního rozdělení je nutné stanovit hodnotu koeficientu rozšíření s ohledem na skutečný tvar rozdělení odhadů hodnot výstupní veličiny tak, aby jeho hodnota odpovídala pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. [12]

1.5 Zdroje nejistot měření

Nejistota výsledku měření odráží omezenou možnost znalosti hodnoty měřené veličiny. Kompletní znalost by vyžadovala nekonečné množství informace. Jevy přispívající k nejistotě a způsobující, že výsledek měření nemůže být charakterizován pouze jedním číslem, jsou nazývány zdroje nejistot. V praxi existuje mnoho možných zdrojů nejistot měření zahrnujících například:

- a) nekompletní definici měřené veličiny
- b) nedokonalou realizaci definice měřené veličiny
- c) nereprezentativní vzorkování – naměřené hodnoty nemusí reprezentovat definovanou měřenou veličinu
- d) nedostatečná znalost vlivu okolního prostředí
- e) vliv lidského faktoru při odečítání analogových měřidel
- f) omezené rozlišení měřicího přístroje nebo práh rozlišení
- g) nepřesné hodnoty měřicích etalonů
- h) nepřesné hodnoty konstant a dalších parametrů získaných z externích zdrojů a použitých při výpočtu
- i) aproximace a zjednodušení obsažené v měřicí metodě a postupu
- j) změny v opakovaných pozorováních měřené veličiny, která jsou prováděna za zjevně shodných podmínek

Zdroje nejistot nutně nemusí být nezávislé. Některé ze zdrojů nejistot uvedené pod body a) až i) mohou přispívat k zdroji nejistot uvedeném pod bodem j). [12]

2 OVĚŘOVÁNÍ PRŮTOKOMĚŘŮ

2.1 Společné požadavky

2.1.1 Jakost vody

Zkouška vodoměrů musí být prováděna vodou. Voda musí být taková jako je ve veřejných zdrojích pitné vody, nebo musí splňovat stejné požadavky. Jestliže se jedná o vodu, která se vrací zpět do systému, pak musí být prováděna opatření proti škodlivosti zbytkové vody ve vodoměru pro lidský organismus. Voda nesmí obsahovat nic, co by mohlo vodoměr poškodit nebo nepříznivě ovlivnit jeho činnost. Voda nesmí obsahovat vzduchové bubliny. [7]

2.1.2 Zkoušení vodoměrů ve skupinách

Při zkoušení vodoměrů ve skupinách musí být velmi přesně stanoveny jednotlivé charakteristiky a musí být vyloučeno vzájemné ovlivňování mezi nimi a zkušebními zařízeními. [7]

2.1.3 Teplota vody

Výsledky zkoušek se nekorigují na teplotu za předpokladu, že teplota vody ve vodoměru je v průběhu zkoušek v rozmezí od 0°C do 30°C. V žádné části zkušebního zařízení nesmí teplota vody klesnout pod 0°C. [7]

2.1.4 Umístění

V průběhu zkoušek musí být zkušební zařízení umístěno izolovaně od všech rušivých vlivů (například od výroby, oprav atd.) nebo od rušivých vlivů prostředí (například od okolní teploty, vibrací). [7]

2.2 Chyby měření

Kontrola chyb měření spočívá v porovnávání indikací vodoměru podrobeného zkouškám, s indikacemi (etalonového) zkušebního zařízení. [11]

Chyba měření se udává v % a vypočítá se podle vztahu:

$$\frac{V_i - V_c}{V_c} \times 100 \quad (17)$$

Kde:

V_c je hodnota skutečně proleklého objemu.

V_i je objem indikovaný zkoušeným vodoměrem při měření téhož objemu ve stejném čase.

Největší dovolená chyba v dolní oblasti od Q_{min} (včetně) až do Q_t (vyjma) je $\pm 5 \%$. [5]

Největší dovolená chyba v horní oblasti od Q_t (včetně) až do Max je $\pm 2\%$. [5]

2.3 Zkoušky s odečítáním v klidovém stavu

Tato metoda je všeobecně známa jako metoda zkoušky s pevným startem. Průtok vody nastává otevřením ventilu, který je umístěn na výstupní straně měřidla, a zastaví se uzavřením téhož ventilu. Měřidlo je odečítáno, když je záznam v klidu. Čas zkoušky se měří od začátku pohybu ventilu při otevírání do začátku pohybu ventilu při zavírání.

Od okamžiku zahájení proudění a během doby, při které protéká se stanoveným konstantním průtokem, se chyba měření mění jako funkce průtoku (křivka chyby). V průběhu zastavování proudění může setrvačnost pohyblivých částí měřidla, spolu s rotačním pohybem vody uvnitř měřidla, způsobit znatelnou chybu vyskytující se u některých typů měřidel a u některých zkušebních průtoků. V tomto případě nebylo zatím možné stanovit jednoduché pravidlo, které by definovalo podmínky tak, aby tato chyba směla být vždy zanedbatelná. Některé typy měřidel jsou na tuto chybu zvlášť citlivé. V případě pochybností je žádoucí zvýšit proteklý objem a dobu trvání zkoušky, popřípadě porovnat tyto výsledky s výsledky, které byly získány dalšími metodami, zejména metodou s *odečítáním hodnot za ustálených podmínek proudění*, která omezuje výše uvedené případy nejistot. [15]

2.4 Zkoušky s odečítáním hodnot za ustálených podmínek proudění

Tato metoda je všeobecně známa jako metoda zkoušky s letným startem. Měření se provádí pokud jsou podmínky proudění ustálené. Na počátku měření odchylovač proudu odkloní proud do kalibrované nádoby a na konci ho z ní odkloní. Měřidlo se odečítá při průtoku. Odečet je synchronizován s pohybem odchylovače proudu. Objem nashromážděný v nádobě je skutečný proteklý objem. [15]

Nejistota zahrnutá v objemu smí být považována za zanedbatelnou, jestliže doby pohybu odchylovače proudu v každém směru se neliší o více než 5 % a jestliže jsou menší než 1/50 celkové doby trvání zkoušky. [15]

2.5 Hlavní faktory ovlivňující měření chyby indikace

2.5.1 Napájecí tlak

Napájecí tlak musí být při zvoleném průtoku udržován na konstantní hodnotě. Kolísání tlaku je přijatelné tehdy, jestliže relativní změna tlaku nebo tlakové ztráty nepřekročí ± 5 % pro průtoky od Q_{\min} až po Q_t (vyjma) a ± 10 % od Q_t (včetně) do Q_{\max} . [7]

2.5.2 Průtok

Průtok musí být udržován v průběhu zkoušky při dané zvolené hodnotě konstantní. Relativní změna průtoku během každé zkoušky (kromě rozbíhání a zastavování) nesmí překročit $\pm 2,5$ % pro průtoky od Q_{\min} až po Q_t (vyjma) a ± 5 % od Q_t (včetně) do Q_{\max} . [7]

2.5.3 Teplota

Během zkoušky se teplota vody nesmí změnit o více než 5 °C. Nejistota měření teploty nesmí překročit ± 1 °C. [7]

2.6 Doplnující podmínky pro zkoušky vodoměrů

Použitá zkušební zařízení musí mít platně ověřené všechny etalony, kalibrovaná ostatní použitá měřidla a celé měřicí zařízení musí být pravidelně podrobena funkční zkoušce prováděné orgány státní metrologie. [11]

Minimální zkušební množství vody V_{\min} [dm³] při zkouškách metodou s pevným startem se určí ze vztahu:

$$V_{\min} = \frac{400 \times s \times v}{\delta_{dov}} \quad (18)$$

Kde: δ_{dov} je největší dovolená chyba v %.

v je hodnota dílku počítadla nebo hodnota impulzu v dm³.

s je odčitelnost dílku počítadla (0,25; 0,5 nebo 1) při odečtu impulzu.

a současně V_{\min} musí být větší jak 5 l. [11]

Při zkouškách s letným startem se určí minimální množství vody tak, aby doba zkoušky byla minimálně 60 s, počet impulzů zkoušeného vodoměru byl minimálně 500 při zkouškách při průtoku $Q > Q_t$ a 200 impulzů při průtoku $Q_{\min} < Q < Q_t$. [11]

Chyby měření vodoměrů při ověřování se zjišťují minimálně při třech průtocích:

1. minimálním (Q_{\min} až 1,1 Q_{\min})
2. přechodovém (Q_t až 1,1 Q_t)
3. jmenovitém (0,45 Q_{\max} až 0,5 Q_{\max}).

Ověření vodoměrů po opravě se provádí za stejných podmínek jako prvotní ověření. [11]

Vodoměry, které vyhoví uvedeným podmínkám, s přihlédnutím k celkové nejistotě zkušebního zařízení, se opatří úřední značkou. [11]

Platnost ověření vodoměrů pro vodoměry na studenou vodu (do 30 °C) je 6 let.

Platnost ověření vodoměrů pro vodoměry na teplou vodu (do 90 °C) jsou 4 roky.

2.7 Třídy přesností vodoměrů

Vodoměry jsou rozděleny podle definovaných hodnot Q_{\min} a Q_t do čtyř metrologických tříd uvedených v následující tabulce:

Třída přesnosti		Q_n	
		$< 15 \text{ m}^3/\text{h}$	$\geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$
Třída A	Hodnota Q_{\min}	$0,04 Q_n$	$0,08 Q_n$
	Hodnota Q_t	$0,10 Q_n$	$0,30 Q_n$
Třída B	Hodnota Q_{\min}	$0,02 Q_n$	$0,03 Q_n$
	Hodnota Q_t	$0,08 Q_n$	$0,20 Q_n$
Třída C	Hodnota Q_{\min}	$0,01 Q_n$	$0,006 Q_n$
	Hodnota Q_t	$0,015 Q_n$	$0,15 Q_n$
Třída D	Hodnota Q_{\min}	$0,0075 Q_n$	
	Hodnota Q_t	$0,0115 Q_n$	

Tab. 1. Metrologické třídy přesnosti vodoměrů [5]

2.8 Průtoky

Průtok je objem vody protékající vodoměrem za jednotku času. Rozsah průtoku vodoměru je ohraničen maximálním a minimálním průtokem Q_{\max} a Q_{\min} . Tento rozsah je rozdělen do dvou oblastí, nazývaných jako horní a dolní, s různými maximálními dovolenými chybami. [13]

2.8.1 Maximální průtok (Q_{\max})

Maximální průtok Q_{\max} je nejvyšší průtok, při němž vodoměr musí být schopen pracovat po omezené časové intervaly bez poškození a bez překročení maximální dovolené chyby a maximální dovolené hodnoty tlakové ztráty. [13]

2.8.2 Jmenovitý průtok (Q_n)

Jmenovitý průtok Q_n se rovná polovině maximálního průtoku Q_{\max} . Tento průtok je vyjádřen v metrech krychlových za hodinu a používá se pro označení vodoměru. Při jmenovitém průtoku Q_n musí být vodoměr schopen pracovat při běžném použití, tj. za souvislých a přerušovaných provozních podmínek, aniž by došlo k překročení maximálních dovolených chyb. [13]

2.8.3 Minimální průtok (Q_{\min})

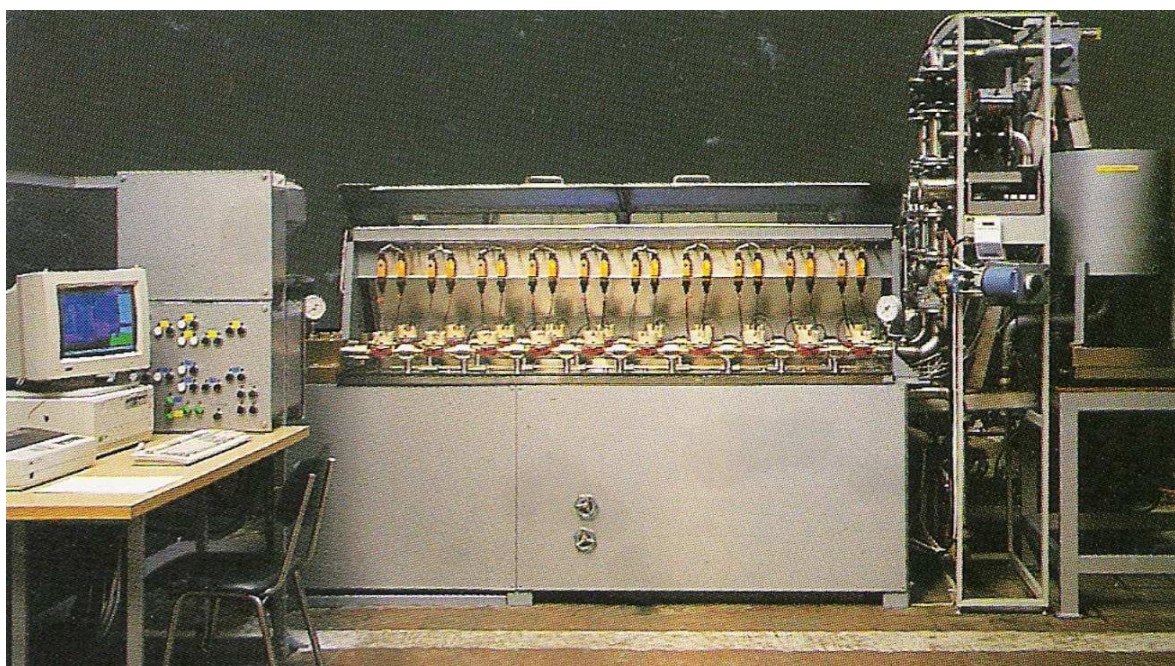
Minimální průtok Q_{\min} je průtok, nad jehož hodnotou nesmí být překročeny maximální dovolené chyby a který je pevně stanoven jako funkce Q_n . [13]

2.8.4 Přejímový průtok (Q_t)

Přejímový průtok Q_t je průtok, který odděluje horní a dolní rozsah průtoku a v němž se nespojitě mění maximální dovolená chyba. [13]

3 ZKUŠEBNÍ STANICE PREMATEST

Zkušební stanice je stacionární zařízení určené pro zkoušku při ověřování, kalibraci a tlakovou zkoušku bytových a domovních vodoměrů na studenou a teplou vodu. Zkušební stanice pracuje na principu metod pevného nebo letmého startu s použitím hmotnostního etalonu nebo magneto-indukčního průtokoměru. Stanice je určena pro ověřování a nastavování domovních a bytových vodoměrů DN15 až DN40.



Obr. 1. Zkušební stanice PREMATEST

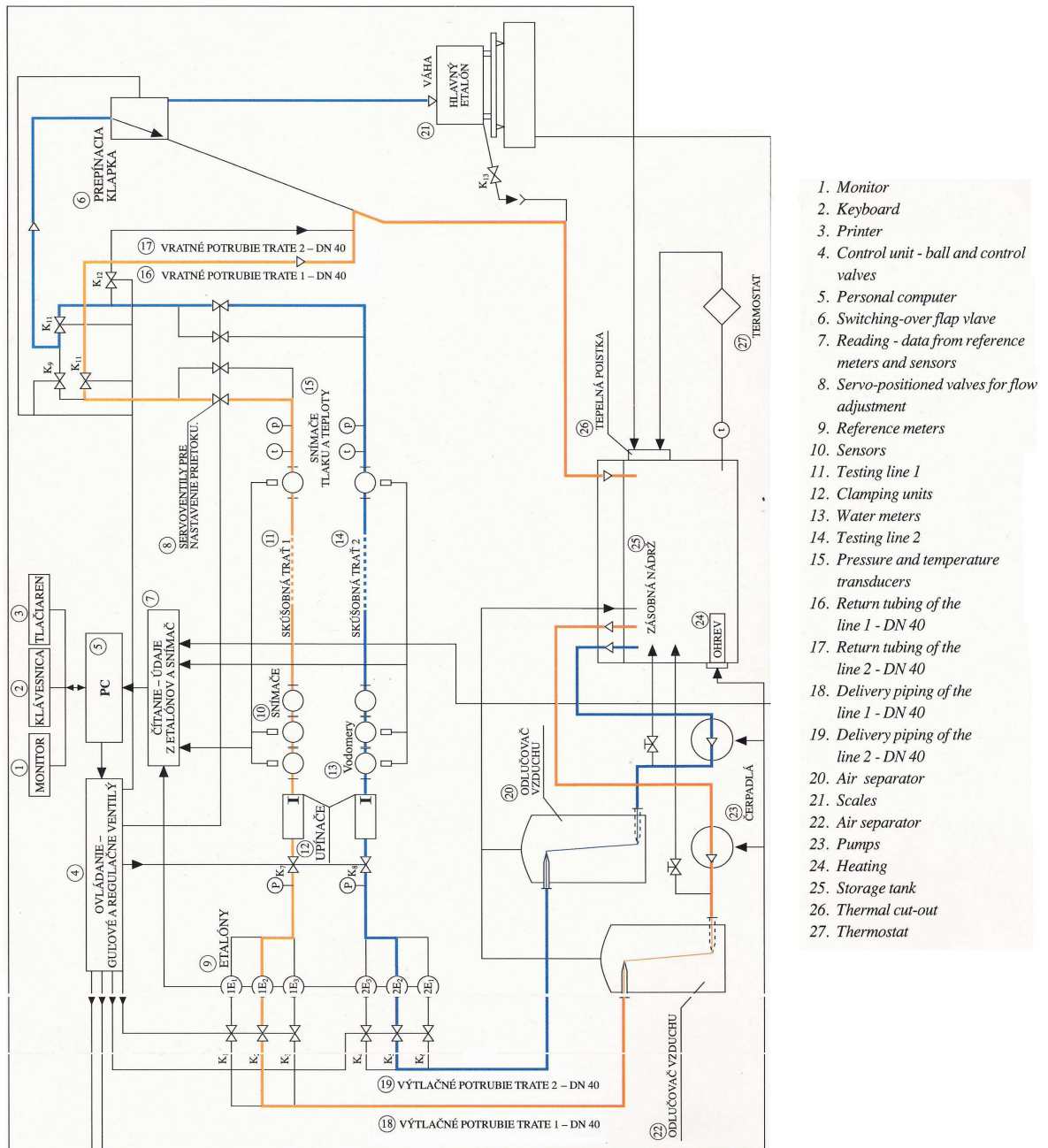
Jako *hlavním* etalon slouží váha METLER Toledo s nádrží umožňující vážít objem protečený měřicí tratí a stanovit hodnotu proleklého množství. Jako *pracovní* etalony slouží sada magneto-indukčních měřidel Altoflux – Krohne, které jsou určeny pro měření okamžitého průtoku potřebného při nastavování požadovaného průtoku. Kalibrace pracovních etalonů se provádí pomocí hlavního etalonu – váhy.

Vyhodnocování zkoušek při ověřování vodoměrů se provádí buď odečtem technika a zápisem do počítače, kde program vyhodnotí chybu nebo elektromagnetickými sondami.

Zkušební linka je vybavena nádrží s termostatem a ohřevem vody. Teplotní rozsah je od 20°C do 90°C.

Zkušební linka se skládá ze dvou nezávislých tratí, z nichž každá je určena pro 10 ks vodoměru DN 15 nebo 6 ks vodoměru DN 40. Každá trať je vybavena samostatnou sadou dvou čerpadel, sadou pracovních etalonů a přepínacích klapek.

BLOKOVÁ HYDRAULICKÁ A RIADIACIA SCHÉMA SKUŠOBNEJ STANICE "PREMATEST"
SCHEMATIC HYDRAULIC AND CONTROL DIAGRAM OF "PREMATEST" TEST BENCH



— Merací okruh pri overovaní vodomeroov objemovou metódou / *Measuring circuit for the volume method*
— Merací okruh pri overovaní pracovných etalonov / *Measuring circuit for the verification of the reference meters (master meters)*

Obr. 2. Schéma zkušební stanice

4 MĚŘENÍ PRŮTOKU A MNOŽSTVÍ KAPALIN

Měření průtoku a protečeného množství kapalin obecně patří mezi jednu z nejdůležitějších měřených veličin. Nejčastěji se průtok kapalin měří v uzavřených potrubích. Obecně se používané průtokoměry třídí podle metody měření na objemové čítače (průtokoměr s turbínkou, s oválnými koly, s lopatkovým kolem), průřezová měřidla (clona, dýza, Venturiho trubice, rychlostní sonda), plováčkové průtokoměry, termoelektrické průtokoměry, indukční průtokoměry, ultrazvukové průtokoměry, vírové průtokoměry a Coriolisovy hmotnostní průtokoměry. [2]

4.1 Objemové průtokoměry

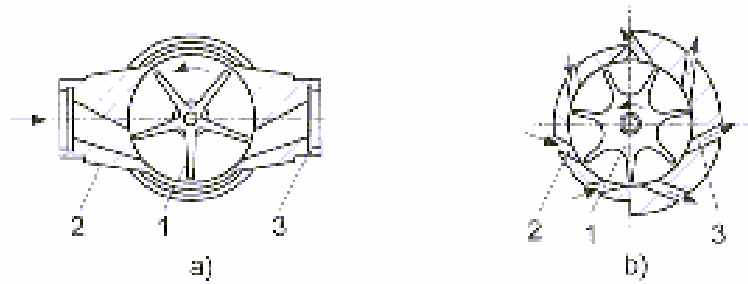
Objemový průtokoměr je charakterizován rozdělením toku tekutiny na dílčí objemy vytvářené měrným mechanismem lopatek turbíny, lopatkového kola, ozubení oválných kol nebo ozubení kol a podobně. Hlavní nevýhodou objemových průtokoměrů je používání mechanických rotačních dílů. Jejich výhodou je jednoduchost a možnost měření bez pomocné energie. [1]

4.1.1 Průtokoměry s lopatkovým kolem

Průtokoměr s lopatkovým kolem je levnější a jednodušší modifikací turbínového průtokoměru. Používá se výhradně pro čisté, neagresivní, neviskozní kapaliny o teplotě do 130 °C. [1]

Jako měrný orgán slouží tělo s radiálními lopatkami. Osa rotace je kolmá k ose toku tekutin. Otáčivé lopatkové kolo vlivem proudu měřené kapaliny vymezuje po obvodu tělesa objem kapaliny. Pro zvýšení citlivosti lze použít i několik vtoků. U několikavtokového uspořádání se tekutina přivádí k oběžnému kolu řadou tangenciálních otvůrků a z měřícího prostoru odtéká opačně orientovanými otvory.

V současné době se používají lopatkové vodoměry, které přenáší otáčky lopatkového kola na číselník magnetickým převodem (suchoběžné vodoměry).



Obr. 3. Lopatkový průtokoměr

a) jednovtokový

b) vícevtokový

1 - oběžné kolo

1 - oběžné kolo

2 - vstupní hrdlo

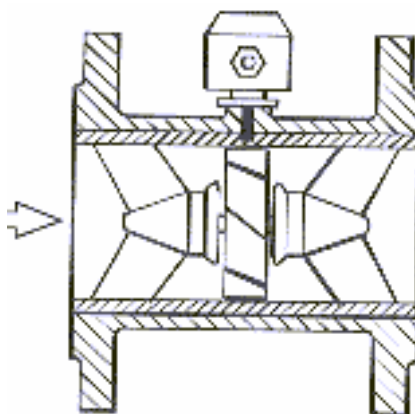
2 – vtokové otvory

3 – výstupní hrdlo

3 – výtokové otvory

4.1.2 Průtokoměry turbínové

Protékající tekutina uvádí do rotačního pohybu lopatkový rotor s vhodně zakřivenými plochými lopatkami, umístěný v ose tělesa průtokoměru. Provozní poměry u turbínového průtokoměru vychází z Eulerovy rovnice pro turbínu. Proudění měřené tekutiny otáčí turbínovým kolem úměrně rychlosti proudění. V současné době se používají turbínové průtokoměry typu Voltman. Jejich použití je jak ve vodorovné tak ve svislé poloze.



Obr. 4. Turbínový průtokoměr v průřezu

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ NEJISTOT

Nejistota měření se skládá z nejistoty měření typu A a dalších nejistot sdružených v nejistotě typu B. Odchytky jsou závislé na protečeném množství vody, které je stanoveno pro každý průtok jiné. Nejistoty jsou tedy udávány vždy pro příslušný průtok.

Pro výpočet nejistoty typu A bylo použito 10 kusů ověřených lopatkových průtokoměrů, které byly řazeny za sebou. Vzorec použitý pro výpočet výsledné nejistoty (19) je použit podle dokumentu EA 4/02. Vyjadřování nejistot měření při kalibraci (viz. seznam použité literatury).

Pro vypočtení hodnot nejistoty typu B byly použity vzorce uvedené v dokumentu EA 4/02. Vyjadřování nejistot měření při kalibraci (viz. seznam použité literatury), konstanty použité při výpočtech byly získány z knihy Technická fyzika (viz seznam použité literatury).

Výslednou nejistotu pak získáme pro nejistotu typu A podle vzorce (19) a pro nejistotu typu B součtem absolutní hodnoty dílčích nejistot v daném průtoku (kapitola 5.2.1 až 5.2.6).

5.1 Nejistoty typu A

Pro zjištění nejistoty typu A bylo provedeno deset měření vodoměru AQUASTAR G1 13S při průtocích 3 m³/h, 1,5 m³/h, 0,5 m³/h, 0,15 m³/h, 0,06 m³/h, 0,01 m³/h a 6 m³/h. Výpočet výsledné nejistoty pro jednotlivé průtoky byl proveden pomocí vzorce:

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)}} * \sum (\delta_i - \delta)^2 \quad (19)$$

kde m je počet opakovaných měření, δ je střední chyba ze všech měření a δ_i je chyba vodoměru v %. Výsledky měření a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Průtok $Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{h}$:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	0,85	0,040000	0,760200	0,091906
2	0,42	0,052900		
3	0,97	0,102400		
4	0,58	0,004900		
5	0,92	0,072900		
6	0,51	0,019600		
7	0,50	0,022500		
8	1,10	0,202500		
9	0,20	0,202500		
10	0,45	0,040000		
δ	0,65			

Tab. 2. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{h}$

Průtok $Q_2 = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	0,42	0,091204	0,895160	0,099731
2	0,82	0,009604		
3	0,98	0,066564		
4	0,92	0,039204		
5	0,47	0,063504		
6	1,10	0,142884		
7	0,97	0,061504		
8	0,95	0,051984		
9	0,25	0,222784		
10	0,34	0,145924		
δ	0,72			

Tab. 3. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Průtok Q3 = 0,5 m³/h:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	1,68	0,112896	1,055040	0,108271
2	1,67	0,106276		
3	0,98	0,132496		
4	1,53	0,034596		
5	0,88	0,215296		
6	1,08	0,069696		
7	0,94	0,163216		
8	1,35	0,000036		
9	1,75	0,164836		
10	1,58	0,055696		
δ	1,34			

Tab. 4. Nejistota měření při průtoku Q1 = 0,5 m³/h

Průtok Q4 = 0,15 m³/h:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	2,07	0,034225	0,679650	0,086900
2	2,25	0,133225		
3	1,64	0,060025		
4	1,65	0,055225		
5	1,62	0,070225		
6	1,69	0,038025		
7	2,10	0,046225		
8	2,13	0,060025		
9	1,55	0,112225		
10	2,15	0,070225		
δ	1,89			

Tab. 5. Nejistota měření při průtoku Q1 = 0,15 m³/h

Průtok Q5 = 0,06 m³/h:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	2,25	0,022500	0,739600	0,090652
2	2,34	0,003600		
3	2,26	0,019600		
4	2,50	0,010000		
5	2,46	0,003600		
6	2,35	0,002500		
7	2,00	0,160000		
8	2,44	0,001600		
9	3,11	0,504100		
10	2,29	0,012100		
δ	2,40			

Tab. 6. Nejistota měření při průtoku Q1 = 0,06 m³/h

Průtok Q6 = 0,01 m³/h:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	1,90	0,000025	0,333450	0,060869
2	2,05	0,021025		
3	1,73	0,030625		
4	1,88	0,000625		
5	1,62	0,081225		
6	1,75	0,024025		
7	2,10	0,038025		
8	2,13	0,050625		
9	1,74	0,027225		
10	2,15	0,060025		
δ	1,91			

Tab. 7. Nejistota měření při průtoku Q1 = 0,01 m³/h

Průtok Q7 = 6 m³/h:

Měření č.	δ_i	$(\delta_i - \delta)^2$	$\Sigma(\delta_i - \delta)^2$	$U_A \%$
1	1,10	0,047961	0,62749	0,083499
2	1,40	0,006561		
3	1,36	0,001681		
4	1,08	0,057121		
5	1,44	0,014641		
6	1,40	0,006561		
7	1,02	0,089401		
8	0,99	0,108241		
9	1,75	0,185761		
10	1,65	0,109561		
δ	1,32			

Tab. 8. Nejistota měření při průtoku Q1 = 6 m³/h

5.2 Nejistoty typu B

5.2.1 Nejistota váhy

Pro výpočet byla použita nejistota váhy podle kalibračního listu. Hodnota standardní rozšířené nejistoty je 0,014 kg (při koeficientu rozšíření $k = 2$). Nejistota je dána vztahem:

$$C_1 = u_{et} / 2, \quad (20)$$

což dává po dosazení příspěvek k celkové nejistotě pro dané průtoky Q1 = 3 m³/h, Q2 = 1,5 m³/h, Q3 = 0,5 m³/h, Q4 = 0,15 m³/h, Q5 = 0,06 m³/h, Q6 = 0,01 m³/h, Q7 = 6 m³/h.

$$u_1(Q1) = 0,007 \% \quad u_1(Q2) = 0,014 \% \quad u_1(Q3) = 0,02333 \% \quad u_1(Q4) = 0,007 \%$$

$$u_1(Q5) = 0,14 \% \quad u_1(Q6) = 0,233 \% \quad u_1(Q7) = 0,0035 \%$$

Proteklá množství při jednotlivých průtocích jsou pro Q1 = 100 l, Q2 = 50 l, Q3 = 30 l, Q4 = 10 l, Q5 = 5 l, Q6 = 3 l, Q7 = 200 l.

5.2.2 Nejistota daná odparem v nádobě

Pro průměrnou rychlost odparu $6 \times 10^{-7} \text{ kg/s}$ [16], hustotu kapaliny 998 kg/m^3 [16] a dobu trvání zkoušky pro Q1 $t_1 = 120 \text{ s}$, Q2 $t_2 = 120 \text{ s}$, Q3 $t_3 = 216 \text{ s}$, Q4 $t_4 = 240 \text{ s}$, Q5 $t_5 = 300 \text{ s}$, Q6 $t_6 = 1080 \text{ s}$, Q7 $t_7 = 120$ je nejistota dána vztahem:

$$C_2 = (1/\sqrt{3}) \times (t \times V_{odp} / \rho), \quad (21)$$

což dává po dosazení příspěvek k celkové nejistotě pro dané průtoky:

$c_2 (1) = 0,0000416525$	$u_2 (1) = 0,000041653 \%$
$c_2 (2) = 0,0000416525$	$u_2 (2) = 0,000083305 \%$
$c_2 (3) = 0,0000749745$	$u_2 (3) = 0,00024993 \%$
$c_2 (4) = 0,000083305$	$u_2 (4) = 0,00083305 \%$
$c_2 (5) = 0,000104131$	$u_2 (5) = 0,00208263 \%$
$c_2 (6) = 0,000374873$	$u_2 (6) = 0,01249576 \%$
$c_2 (7) = 0,0000416525$	$u_2 (7) = 0,000020826 \%$

5.2.3 Nejistota daná rozdílnou teplotou potrubí na začátku a na konci měření

Vliv různého měření vody v potrubí mezi měřeným zařízením a etalonem pro různé teploty na začátku a na konci měření je pro objem potrubí mezi měřeným zařízením a etalonem $V_{pot} = 3,4 \text{ dm}^3$, odhadnutý maximální rozdíl teplot $\Delta t = 1^\circ\text{C}$, součinitel lineární roztažnosti kovu, z něhož je potrubí vyrobeno $\partial = 0,0003 \text{ m}^\circ\text{C}$ [16] a součinitel objemové roztažnosti použité kapaliny $\beta = 0,000016 \text{ m}^3/\text{C}$ [16] je nejistota dána vztahem:

$$C_3 = (1/\sqrt{3}) \times V_{pot} \times (3\partial - \beta) \times \Delta t, \quad (22)$$

což dává po dosazení příspěvek k nejistotě pro dané průtoky:

$c_3 (1) = 0,001735284$	$u_3 (1) = 0,00173528 \%$
$c_3 (2) = 0,001735284$	$u_3 (2) = 0,00347057 \%$
$c_3 (3) = 0,001735284$	$u_3 (3) = 0,00578428 \%$
$c_3 (4) = 0,001735284$	$u_3 (4) = 0,01735284 \%$
$c_3 (5) = 0,001735284$	$u_3 (5) = 0,03470568 \%$
$c_3 (6) = 0,001735284$	$u_3 (6) = 0,0578428 \%$
$c_3 (7) = 0,001735284$	$u_3 (7) = 0,00086764 \%$

5.2.4 Nejistota daná vlivem rozdílného tlaku mezi měřeným zařízením a etalonem

Pro maximální tlak na měřeném zařízení $p_{\max} = 0,55$ MPa a koeficient stlačitelnosti kapaliny $k = 0,00047$ m³/MPa [16] je nejistota dána vztahem:

$$C_4 = (1/\sqrt{3}) \times V_{\text{mer}} \times k \times (p_{\max} - p_{\text{atm}}) \quad (23)$$

(V_{mer} označuje celkové množství kapaliny při konkrétním měření), což dává po dosazení příspěvek k celkové nejistotě pro dané průtoky:

$c_4 (1) = 0,010854185$	$u_4 (1) = 0,01085419 \%$
$c_4 (2) = 0,005427093$	$u_4 (2) = 0,01085419 \%$
$c_4 (3) = 0,003256256$	$u_4 (3) = 0,01085419 \%$
$c_4 (4) = 0,001085419$	$u_4 (4) = 0,01085419 \%$
$c_4 (5) = 0,000542709$	$u_4 (5) = 0,01085419 \%$
$c_4 (6) = 0,000325626$	$u_4 (6) = 0,01085419 \%$
$c_4 (7) = 0,02170837$	$u_4 (7) = 0,01085419 \%$

5.2.5 Nejistota daná rozdílem teplot v měřidle a etalonu v průběhu měření

Pro maximální rozdíl teplot $\Delta T = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, součinitel lineární roztažnosti kovu, z něhož je potrubí vyrobeno $\vartheta = 0,0003 \text{ m}/^\circ\text{C}$ [16] a součinitel objemové roztažnosti použité kapaliny $\beta = 0,000016 \text{ m}^3/^\circ\text{C}$ [16] je nejistota dána vztahem:

$$C_5 = (1/\sqrt{3}) \times V_{mer} \times (3\vartheta - \beta) \times \Delta T, \quad (24)$$

což dává po dosazení příspěvek k nejistotě pro dané průtoky

$c_5 (1) = 0,025518882$	$u_5 (1) = 0,02551888 \%$
$c_5 (2) = 0,012759441$	$u_5 (2) = 0,02551888 \%$
$c_5 (3) = 0,007655665$	$u_5 (3) = 0,02551888 \%$
$c_5 (4) = ,0002551888$	$u_5 (4) = 0,02551888 \%$
$c_5 (5) = ,0001275944$	$u_5 (5) = 0,02551888 \%$
$c_5 (6) = 0,000765566$	$u_5 (6) = 0,02551888 \%$
$c_5 (7) = 0,051037764$	$u_5 (7) = 0,02551888 \%$

5.2.6 Nejistota stanovení hustoty

Pro maximální odchylku hustoty $\Delta p = \pm 0,5 \text{ kg}/\text{m}^3$ je nejistota dána vztahem:

$$C_6 = (1/\sqrt{3}) \times (V_{mer} \times \Delta p / p), \quad (25)$$

což dává po dosazení příspěvek k nejistotě pro dané průtoky

$c_6 (1) = 0,028925364$	$u_6 (1) = 0,02892536 \%$
$c_6 (2) = 0,014462682$	$u_6 (2) = 0,02892536 \%$
$c_6 (3) = 0,008677609$	$u_6 (3) = 0,02892536 \%$
$c_6 (4) = 0,002892536$	$u_6 (4) = 0,02892536 \%$
$c_6 (5) = 0,001446268$	$u_6 (5) = 0,02892536 \%$
$c_6 (6) = 0,000867761$	$u_6 (6) = 0,02892536 \%$
$c_6 (7) = 0,057850728$	$u_6 (7) = 0,02892536 \%$

5.2.7 Výsledná nejistota typu B

Protože můžeme vycházet z předpokladu, že jednotlivé složky nemají vzájemné vazby, výslednou nejistotu typu **B** stanovíme bez zavádění korelací takto:

$$Ub = \sqrt{\sum u_i^2} \quad (26)$$

což dává po dosazení celkovou nejistotu pro dané průtoky

$$Ub (1) = 0,0407 \%$$

$$Ub (2) = 0,0426 \%$$

$$Ub (3) = 0,0467 \%$$

$$Ub (4) = 0,0825 \%$$

$$Ub (5) = 0,1497 \%$$

$$Ub (6) = 0,2437 \%$$

$$Ub (7) = 0,0402 \%$$

5.3 Stanovení rozšířené kombinované standardní nejistoty

Pro použití v metrologické praxi se uvedená kombinovaná standardní nejistota rozšiřuje koeficientem $k = 2$, čímž je zajištěno pokrytí možných výsledků měření s pravděpodobností asi 95 %, což je pro praxi dostačující.

Vzorec pro výpočet kombinované standardní nejistoty je:

$$U = k \times \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (27)$$

Po dosazení do vzorce dostaneme kombinovanou nejistotu pro jednotlivé průtoky:

$$U (Q1) = 0,20 \%$$

$$U (Q2) = 0,22 \%$$

$$U (Q3) = 0,24 \%$$

$$U (Q4) = 0,24 \%$$

$$U (Q5) = 0,35 \%$$

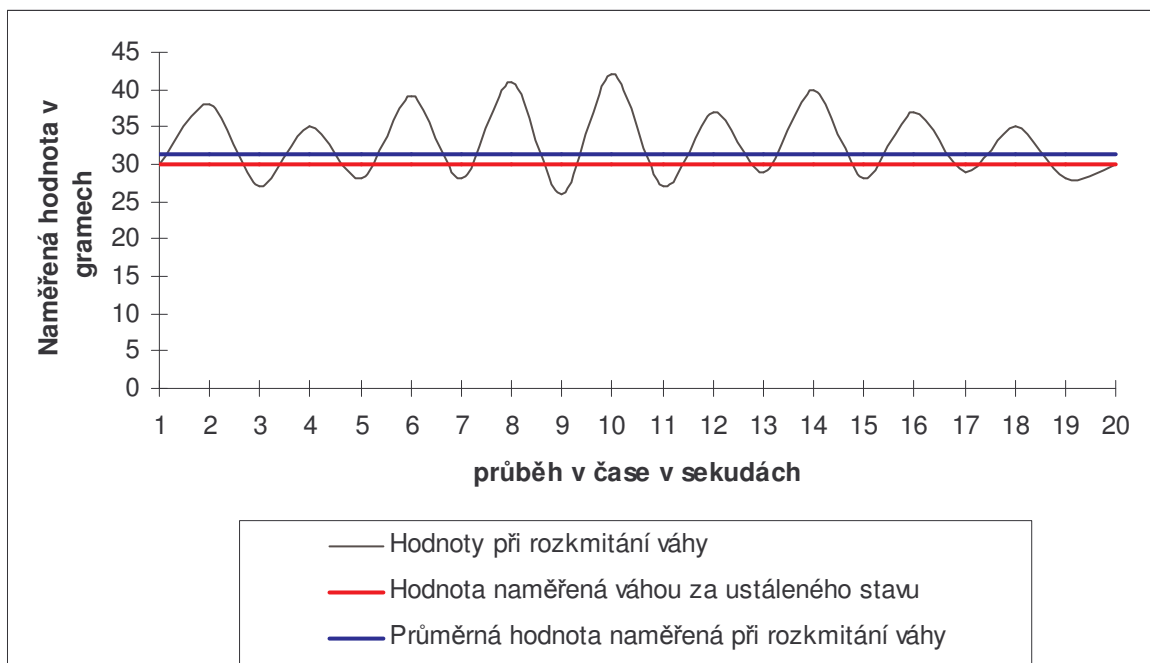
$$U (Q6) = 0,50 \%$$

$$U (Q7) = 0,19 \%$$

6 ZMENŠENÍ NEJISTOT MĚŘENÍ

6.1 Nejistota váhy

Protože váha má při vyhodnocení údajů převodníkem nějakou nejmenší hodnotu měřicího dílku, můžeme naměřenou hodnotu zpřesni rozkmitáním váhy nějakým interním zařízením (například elektromotorek, který bude kmitat závažím). Tím se hodnoty budou pohybovat a protože kmity nebudou stejné dostaneme několik maximálních a minimálních hodnot (lokálních extrémů) ze kterých pak vypočteme průměr.



Obr. 5. Graf změny naměřené hodnoty při rozkmitání váhy

Zvýšení přesnosti váhy lze také získat zvýšením rozsahu převodníku.

6.2 Nejistota daná rozdílem teplot v měřidle a etalonu v průběhu měření

Rozdíl teplot v měřidle a etalonu způsobuje změnu objemu kapaliny v průběhu měření a tím vzniká chyba. Tato chyba by se dala snížit tím, že etalonové měřidlo přemístíme co nejbližší části měřicí linky, která je určena pro ověřované průtokoměry. Tím pak bude rozdíl teplot mezi etalonem a průtokoměry minimální.

Dalšího zpřesnění je možné dosáhnout měřením teploty v etalonu, na začátku části určené pro měření a na konci části určené pro měření. Tyto teploty pak vzájemně porovnávat a vyhodnocovat vliv, který má změna teploty na protečený objem.

6.3 Nejistota daná odparem v nádobě

Chybu danou odparem v nádobě by bylo možné snížit tak, že budeme měřit okolní teplotu, tlak a vlhkost vzduchu a tím přesně vypočítáme množství kapaliny, které se odpaří.

6.4 Další zmenšení nejistot

Dalšího snížení chyby dosáhneme montáží druhé sady etalonových měřidel. Tím získáme dvě hodnoty a po výpočtu aritmetického průměru získáme přesnější hodnotu. Tím, že etalonové měřidla zdvojíme získáme také kontrolu jestli jedno z nich neměří chybně.

ZÁVĚR

Výsledky výše uvedených měření provedených jak nejistoty typu A tak pro nejistoty typu B ukazují, že samotná měřicí linka pracuje s velmi vysokou přesností a chyba měření, která je způsobená nejistotou měření kalibrační linky ani zdaleka nedosahuje horní hranice povolené normou.

Při zavedení změn jakými jsou zvýšení přesnosti váhy, snížení rozdílu teplot, snížení tlakové ztráty, snížení tepelné roztažnosti, a které jsou uvedeny v kapitolách 6.1 až 6.4 do procesu měření můžeme při ověřování průtokoměrů dosáhnout určitého snížení nejistoty a tím i přesnějšiho ověřování průtokových měřičů.

Vzhledem k tomu, že výsledná nejistota měřicí linky je od 0,19 % u průtoku $6 \text{ m}^3/\text{h}$ po 0,5 % u průtoku $0,01 \text{ m}^3/\text{h}$ a s přihlédnutím k tomu, jak vysoké by byly náklady na zavedení výše uvedených změn na snížení nejistoty a jak velký vliv by tyto změny měly na přesnost měření (jaké by bylo dodatečné snížení výsledné nejistoty) je na zvážení, jestli by nebylo jak z ekonomického hlediska, tak z hlediska složitosti konstrukčního řešení výhodnější se při konstrukci kalibrační linky orientovat opačným směrem. To znamená spíše než se snažit, aby nejistoty měření byly za každou cenu co nejmenší, zaměřit se spíše na to, aby cena konstrukčního řešení byla spíše nižší a to i přesto, že tím zvýšíme chybu způsobenou nejistotou měření.

RESULT

Above-mentioned measurement results performed both for the insecurity of the type A and for the insecurities of the type B show, that the solitary measurement line work with the very high accuracy and a measurement failure, which is caused by the measurement insecurity of the calibration line does not half reach the upper limits granted by the norm.

At the changes introduction as an accuracy weight enhancement, a temperature divergence decrease, compressive loss decrease, thermal expansivity decrease and those, introduced in the chapters 6.1 till 6.4 to the measurement suit, we can reach at the flowmeters verification a definite insecurity decrease and thereby a more accurate verification of the flowmeters.

Since the measurement line result insecurity is from 0,19% by the flow $6 \text{ m}^3/\text{h}$ to 0,5% by the flow $0,01 \text{ m}^3/\text{h}$ and with the regard to how high loads for above-mentioned changes for the insecurity decrease would be and how big influence would mean these changes to the measurement accuracy (how big would be the additional decrease of the result insecurity) it is difficult to consider carefully if it is both from the economic viewpoint and the viewpoint of the complication of the constructive solution more advantageous to take bearings to the opposite direction when constructing the calibration line. This means rather then to try the measurement insecurities would be the lowest at any price to fixate rather the constructive solution price would be rather the lower namely nevertheless that the failure caused by the measurement insecurity would be higher.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRUŠKA F.: Technické prostředky automatizace IV. Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Učební texty. 3.vydání Zlín: UTB ve Zlíně, květen 2005, s. 107. ISBN 80-7318-274-2
- [2] HRUŠKA F.: Technické prostředky automatizace III. Senzory, jejich principy a funkce. Učební texty. 2.vydání Zlín: UTB ve Zlíně, září 2005, s. 118. ISBN 80-7318-315-3
- [3] ČSN 25 7801. Vodomery. Základné ustanovenia.
- [4] ČSN 25 7501. Objemová měřidla na kapaliny. Společná ustanovení.
- [5] ČSN ISO 4064-1. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích – Měřidla pro studenou pitnou vodu. Část 1: Specifikace.
- [6] ČSN ISO 4064-2. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích – Měřidla pro studenou pitnou vodu. Část 2: Požadavky na instalaci.
- [7] ČSN ISO 4064-3. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích – Měřidla pro studenou pitnou vodu. Část 3: Zkušební metody a zařízení.
- [8] ČSN ISO 7858-1. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích. Měřidla pro studenou pitnou vodu. Kombinovaná měřidla. Část 1: Specifikace.
- [9] ČSN ISO 7858-2. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích. Měřidla pro studenou pitnou vodu. Kombinovaná měřidla. Část 2: Požadavky na instalaci
- [10] ČSN ISO 10385-1. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích - Měřidla pro teplou vodu - Část 1: Specifikace.
- [11] Technický předpis metrologický TPM 6621-97. Měření průtoku vody v uzavřených potrubích – Měřidla pro studenou pitnou vodu – Metody zkoušení
- [12] EA 4/02. Vyjadřování nejistot měření při kalibraci.
- [13] ČSN EN 14154-1. Vodoměry. Část 1: Všeobecné požadavky.
- [14] ČSN EN 14154-2. Vodoměry. Část 2: Instalace a podmínky použití.
- [15] ČSN EN 14154-3. Vodoměry. Část 3: Zkušební metody a zařízení.

- [16] Horák Zdeněk, Krupka František, Šindelář Václav: Technická fyzika. 3. vyd. Praha: SNTL, 1961.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Zkušební stanice PREMATEST	24
Obr. 2. Schéma zkušební stanice	25
Obr. 3. Lopatkový průtokoměr	27
Obr. 4. Turbínový průtokoměr v průřezu	27
Obr. 5. Změna naměřené hodnoty při rozkmitání váhy	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Metrologické třídy přesnosti vodoměrů	22
Tab. 2. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{h}$	30
Tab. 3. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$	30
Tab. 4. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$	31
Tab. 5. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$	31
Tab. 6. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 0,06 \text{ m}^3/\text{h}$	32
Tab. 7. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 0,10 \text{ m}^3/\text{h}$	32
Tab. 8. Nejistota měření při průtoku $Q_1 = 6 \text{ m}^3/\text{h}$	33

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P 1: Protokol o ověřování vodoměrů

PŘÍLOHA P 2: Rozhodnutí o schválení typu měřidla

PŘÍLOHA P 3: Seznam zkušebního a metrologického vybavení měřicí link

PŘÍLOHA PI: PROTOKOL O OVĚŘENÍ VODOMĚRŮ

VODO-REGULA[®], s.r.o.
BRNĚNSKÁ 478, STARÉ MĚSTO, 686 03

autorizovaný Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví jako

*Autorizované metrologické středisko pro ověřování stanovených měřidel v
Oboru průtoku s přidělenou úřední značkou K 59*

POTVRZENÍ O OVĚŘENÍ STANOVENÉHO MĚŘIDLA

Měřidlo : Vodoměr na studenou pitnou vodu

Výrobce : AQUASTAR

Typ : WP 50

Výrobní číslo : 950918

Měřicí rozsah : Q_{min} 0,5 - Q_{max} 80 m³/h

Vlastník měřidla : Barum - Continental a.s.

Umístění : u zákazníka

Zkouška byla provedena podle ČSN ISO 10385-1, ČSN ISO 4064-3

Použité etalony : Hlavní etalon VO-RE/001/99, kalibrační list č.6031-KL-P0126-05
Krohne DN 100, kalibrační list č. 6031-KL-P030-05
Krohne DN 25, kalibrační list č.25-18/8/2005
Krohne DN 6, kalibrační list č.6-18/8/2005

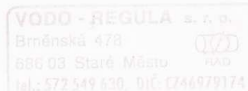
Měřidlo vyhovělo požadavkům ČSN ISO 10385-1, ČSN ISO 4064-1
Vodoměr

.....
(název měřidla)

a v souladu s § 9, odst. 2 zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. ve znění zákona č. 119/2000 Sb. a § 6 vyhlášky MPO č. 262/2000 Sb. bylo opatřeno úřední značkou **K59** a letopočtem „06“ na místech určených v certifikátu (rozhodnutí) o schválení typu.

Zkoušel : Michal Straňák
Dne : 26.10.2006

Toto potvrzení se vydává jako nepovinný doklad o ověření stanoveného měřidla na základě zvláštního požadavku vlastníka měřidla.



Ve Starém Městě dne 22.11.2006

.....
Zaměstnanec AMS oprávněný k podpisu

PŘÍLOHA P II: ROZHONUTÍ O CHVÁLENÍ TYPU MĚŘIDLA

ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT



ROZHODNUTÍ O SCHVÁLENÍ TYPU MĚŘIDLA

č. 2612/97/010

Na žádost fy Ladislav GABRIEL-inženýrská, stavební a obchodní firma, U letiště 1141,
765 02 Otrokovice, Český metrologický institut, podle zákona o metrologii č.505/1990
Sb., § 6 a 7,
schvaluje typ měřidla

šroubový horizontální vodoměr studenou vodu typ AQUASTAR G2 - P,

výrobce: fa GABRIEL, Otrokovice, ČR,
při dodržení technických údajů a podmínek uvedených v příloze tohoto rozhodnutí.
Platnost do: 24. 04. 2007.
Měřidlu se přiděluje úřední značka schválení typu

TCM 142/97 - 2612

Odůvodnění:

Uvedené měřidlo splňuje metrologické požadavky, jak bylo zjištěno odbornou
technickou zkouškou, provedenou Českým metrologickým institutem.

Poučení o odvolání:

Proti tomuto rozhodnutí lze podat u Českého metrologického institutu rozklad do 15
dnů ode dne jeho oznámení.

Příloha

je nedílnou součástí tohoto rozhodnutí. Obsahuje základní technické údaje a
metrologické parametry měřidla. Má celkem 3 strany protokolu ze dne 21. 04. 1997
a 1 technickou přílohu.



P. Z. Klenovský
RNDr. Pavel Klenovský
ředitel ČMI

Brno, 25. dubna 1997

PROTOKOL O TECHNICKÉ ZKOUŠCE

I. ÚVOD

- **Název a typ měřidla:**
Šroubový horizontální vodoměr na studenou vodu typ
AQUASTAR G2-P

- **Výrobce měřidla:**
Ladislav GABRIEL, inženýrská, stavební a obchodní firma,
U letiště 1141, 765 02 Otrokovice

- **Žadatel o typové schválení měřidla:**
Ladislav GABRIEL, inženýrská, stavební a obchodní firma,
U letiště 1141, 765 02 Otrokovice

II. OBSAH PROTOKOLU

1. Popis měřidla

Vodoměr typu AQUASTAR G2--P je šroubový vodoměr s oběžným kolem uloženým v ose potrubí, určený k měření proteklého objemu studené vody (obr. č. 1).

Otáčivý pohyb oběžného kola je přenášen na počítadlo magnetickou spojkou. Regulace vodoměru je lopatková, uskutečňovaná otáčením usměrňovací lopatky v rozvodném kole. Počítadlo je suchoběžné, kombinované ručkové s válečkovým (6 válečků, 1 ručka).

2. Základní technické údaje

Označení typu	G2 50 P	G2 80 P	G2 100 P	G2 150 P	G2 200 P	G2 250 P
Jmenovitá světlost Dn [mm]	50,0	80,0	100,0	150,0	200,0	250,0
Trvalý průtok Qp [m ³ /h]	15,0	40,0	60,0	150,0	250,0	400,0
Přetěžovací průtok Qs [m ³ /h]	30,0	80,0	120,0	300,0	500,0	800,0
Minimální průtok Qmin [m ³ /h]	0,45	1,2	1,8	4,5	7,5	12,0
Přechodový průtok Qt [m ³ /h]	3,0	8,0	12,0	30,0	50,0	80,0
Maximální teplota [°C]	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Metrologická třída ISO	B	B	B	B	B	B
Max. provozní tlak [MPa]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Hodnota dílku stupnice [m ³]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Kapacita počítadla [m ³]	1000000,0	1000000,0	1000000,0	1000000,0	1000000,0	1000000,0
Stavební délka [mm]	200,0	225,0	250,0	300,0	350,0	400,0

Dovolená chyba měření průtoku

- dolní měřicí rozsah [%] ± 5,0
- horní měřicí rozsah [%] ± 2,0

3. Zkouška

Zkouška vodoměrů byla uskutečněna objemovou metodou na zařízení Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. a VUCHZ, a.s. Brno v souladu s PNÚ 1420.2. Při zkoušce bylo zjištěno, že vodoměry odpovídají ČSN ISO 4064-1.

4. Údaje na měřidle

Na číselníku a krytu počítadla vodoměru jsou uvedeny tyto údaje:

- obchodní označení měřidla - AQUASTAR
- úřední značka schválení typu,
- metrologická třída ISO, poloha montáže vodoměru,
- max. provozní teplota vody,
- trvalý průtok,
- typové označení vodoměru,
- jmenovitý tlak,
- výrobní číslo vodoměru.
- značka výrobce

Na tělese vodoměru je vyznačen směr proudění vody a jmenovitá světlost.

5. Ověření

Vodoměry se ověřují podle PNÚ 1420.2 studenou vodou. U vyhovujícího vodoměru se zajistí spojení krytu počítadla vodoměru se šroubem víka vodoměru jednou provázanou plombou s otiskem úřední značky (obr. č. 2).

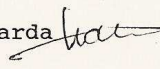
6. Doba platnosti ověření

V souladu s platným výměrem ÚNMZ č. M-105/96 ze dne 24.9.1996 č.j. 1036/96/20 o stanovených měřidlech se doba platnosti ověření stanovuje na 6 roků.

7. Vzorek měřidla

Zkouška typu se uskutečnila na 10 vzorcích měřidel, které zůstaly uloženy u žadatele.

III. Závěr

Vykonavatel technické zkoušky: Vladislav Šmarda 

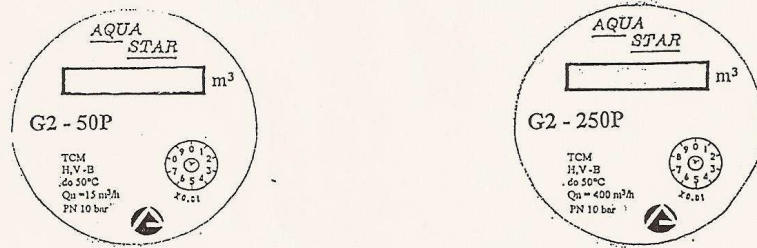
Datum provedení zkoušky: 15.4.1997

Datum vystavení protokolu: 21.4.1997

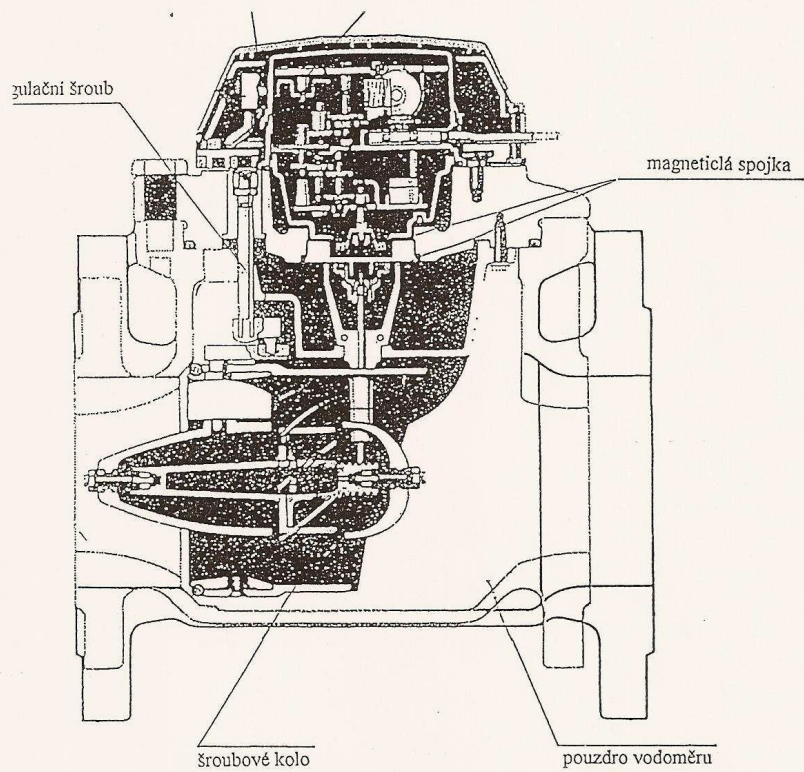
Počet stránek protokolu: 3 + 1 příloha

TCM 142/97-2612

Příloha 1.



Obr. 1.



Obr. 2.

ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT
Oblastní inspektorát Brno
Okružní 31
638 00 BRNO
5

**PŘÍLOHA P III: SEZNAM ZKUŠEBNÍHO A METROLOGICKÉHO
VYBAVENÍ MĚŘICÍ LINKY**

Název - výrobce	Typ - měř. rozsah - přesnost	Výrobní číslo	Rok výroby	Ověření - kalibrace
Étalon. váha METTLER TOLEDO	0 až 250 kg	S/N 1974834 S/N 1974826	1993	ČMI OI Brno
Odporový teploměr na vstupu	Pt - 100/ 2 OT 1	02293	1993	ČMI OI Brno
Odporový teploměr na výstupu	Pt - 100/2 OT 1	01693	1993	SMS ZPA
Odporový teploměr v nádrži	Pt - 100/2 OT 1	01793	1993	SMS ZPA
Stopky			1993	SKS
Tlakoměr PREMA	0 - 1 Mpa 1,6%			SKS
Tlakoměr PREMA	0 - 1 Mpa 1,6%			SKS
Tlakoměr PREMA	0 - 1 Mpa 1,6%			SKS
Tlakoměr PREMA	0 - 1 Mpa 1,6%			SKS