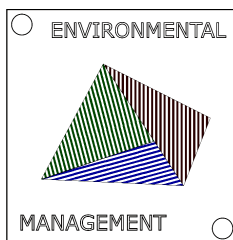


ANALÝZA VSTUPNÉHO MÉDIA VÝROBNÉHO PROCESU POMOCOU MERANIA RÝCHLOSTI ZVUKU A TEPLoty NEIVAZÍVNou METÓDou CLAMP-ON S CIEĽOM ZABEZPEČENIA KVALITY CIEĽOVÉHO PRODUKTU

 Ján IEKO¹ -  Adolf BLÁHA²

PRIMARY PROCESS MEDIUM ANALYSIS OF A PRODUCTION USING THE MEASUREMENT OF SOUND SPEED AND TEMPERATURE WITH NON- INVASIVE CLAMP-ON METHOD IN ORDER TO ENSURE THE FINAL PRODUCT QUALITY PARAMETERS



¹ Slovenská spoločnosť chemického inžinierstva, Bratislava, Slovenská republika

² FleximGmbH, Berlin, Bundesrepublik Deutschland



Competing interests : The author declare no competing interests.



Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.



Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Štúdia pojednáva o možnosti analyzovať vlastnosti procesného média na základe merania rýchlosti zvuku a teploty pre zabezpečenie kvality výstupného produktu a integrácie zariadenia bez zásahu do technológie. Pre získanie hodnoty rýchlosti zvuku prechádzajúceho cez médium je použitý clamp-on ultrazvukový monitor prietoku. Výhodou tejto metódy je, že nie je potrebné zavedenie senzora do potrubia, pretože senzory sa upevňujú na potrubie z vonkajšej strany tak, aby bol zabezpečený dostatočný akustický kontakt medzi aktívnou plochou senzora a povrchom potrubia. Popritom, ultrazvukový monitor prietoku poskytuje tiež hodnoty rýchlosti prúdenia daného média, resp. prietoku.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: Analýza, metóda clamp-on, kvalita produkcie.

ABSTRACT

In the study is discussed the possibility of analyzing the properties of the process medium based on the measurement of sound speed and temperature to ensure the quality of the output product and the integration of the equipment without interfering with the technology. A clamp-on ultrasonic flow monitor is used to obtain the value of the speed of sound passing through the medium. The advantage of this method is that it is not necessary to insert the sensor into the pipe, because the sensors are attached to the pipe from the outside in such a way that sufficient acoustic contact is ensured between the active surface of the sensor and the surface of the pipe. In addition, the ultrasonic flow monitor also provides values of the flow rate of the given medium, or flow rate.

KEYWORDS: *Analysis, clamp-on method, production quality.*

Úvod

V technologických procesoch sa vyskytujú prípady, kedy do procesu vstupujú média, ktoré nemajú jednoznačné zloženie prvkov, zlúčenín alebo aj fáz a ich analýza je náročná alebo pre abrazívnosť, konzistenciu alebo inú nepriaznivú vlastnosť voči materiálom senzorov je ťažko alebo nákladne realizovateľná. V takýchto prípadoch je možné využiť ako vstupný parameter meranie rýchlosti zvuku v danom médiu, ktorá sa mení v závislosti na kvalitatívnych vlastnostiach média a jeho teplote. Pokiaľ je táto zmena dostatočná v oblasti citlivosti meracieho prístroja, je možné ju v kombinácii s teplotou média použiť ako jeden zo vstupných parametrov riadenia výrobného procesu. Pre túto štúdiu bolo vykonané meranie v technológii výrobného procesu biopaliva a rastlinných olejov.

V kvapalinách, ako sú zmesi vody a etanolu, suspenzie oleja a vody alebo kvapaliny obsahujúce pevné častice, aby sme vymenovali aspoň niektoré, sa rýchlosť zvuku c mení s koncentráciou rôznych zložiek. Meranie rýchlosti zvuku možno teda považovať za atraktívne pre chemickú analýzu a charakterizáciu tekutín [1]. Ako médium bol zvolený mydlový kal – soapstock.

Soapstock (mydlový tuk al. kal) je vedľajším produktom rafinácie surového rastlinného oleja, ktorý obsahuje mydlá, neutrálny olej a rôzne nečistoty odstránené z oleja počas procesu [2]. Soapstock sa tvorí, keď sa pridáva roztok hydroxidu sodného na neutralizáciu voľných mastných kyselín prítomných v surovom oleji. Jeho zloženie je funkciou typu oleja a prevádzkových podmienok rafinácie. Pozostáva z vodnej emulzie lipidov vďaka prítomnosti mydla. Tento prúd je dôležitým problémom pre rafinérsky priemysel, ak sa likviduje ako zvyšok kvôli jeho vysokému organickému zaťaženiu kde asi 50 % tvoria lipidové zlúčeniny [3].

Postup merania

Upínacie ultrazvukové meranie prietoku je populárna metóda pripevnením dvoch alebo viacerých ultrazvukových snímačov na povrch potrubia. Používa sa v mnohých priemyselných procesoch na meranie prietoku tekutín, ako je voda, olej, kyseliny alebo iné agresívne chemické kvapaliny [4]. Ultrazvukové prietokomery clamp-on s meraním času prechodu sú široko používané pre výhodu neinvazívneho merania a pohodlného nasadenia. Ich kľúčovým bodom je meranie časového rozdielu medzi protiprúdom a po prúde, zatiaľ čo vysoká kvalita prevodníka vysielajúceho/prijímajúceho ultrazvukové signály je predpokladom presného merania časového rozdielu [5]. Súčasný ultrazvukový upínací prietokomer pozostáva z dvojice jednoprvkových prevodníkov, ktoré sú pred použitím starostlivo umiestnené. Tento proces polohovania pozostáva z manuálneho nájdenia vzdialenosti medzi prvkami prevodníka pozdĺž osi potrubia, pri ktorej sa dosiahne maximálny pomer signálu k šumu (SNR). Táto vzdialenosť závisí od rýchlosti zvuku, hrúbky a priemeru potrubia a od rýchlosti zvuku v tekutine [6]. Pre naše meranie bol zvolený prietokomer FLEXIM FLUXUS G608, ktorý je navrhnutý pre meranie plynov aj kvapalín.

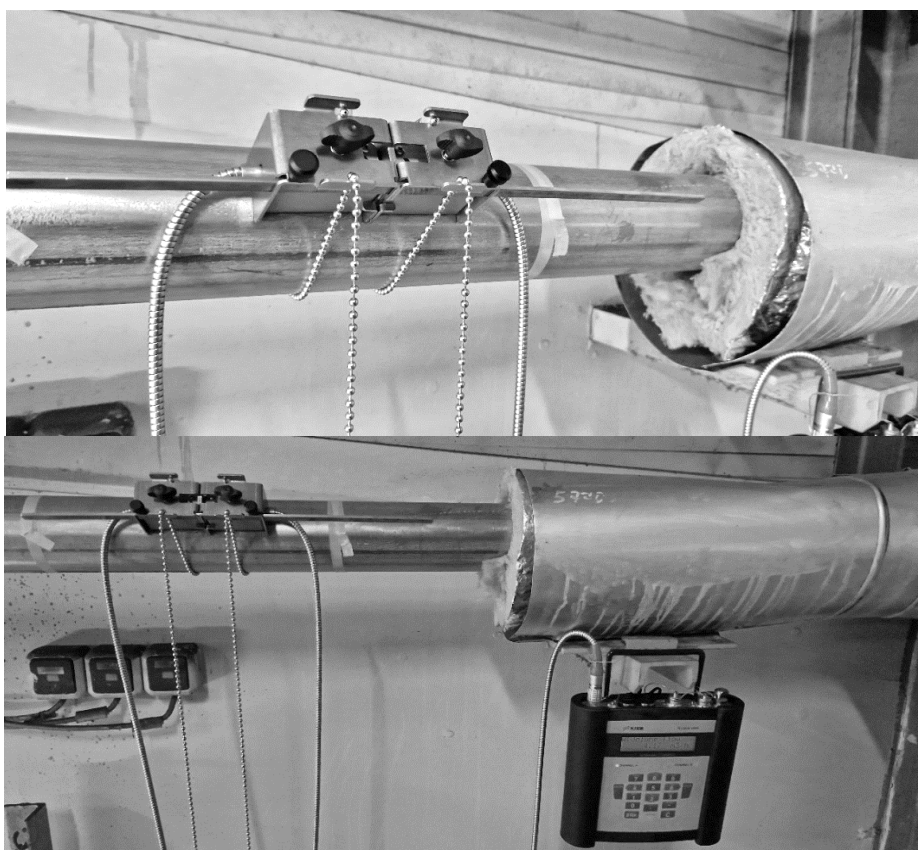
Rada prietokomerov FLUXUS x601(8) je súbor prenosných príložitých prietokomerov pre servisné a údržbárske činnosti, kontrolu a audit meracích miest, ktoré nie sú pokryté trvalými vodomerami, alebo dokonca dočasnú výmenu napevno inštalovaných prietokomerov. Prístroj je pripravený na meranie za menej ako päť minút, vrátane merania hrúbky steny potrubia, pripojenia prevodníkov ku kontrolnej jednotke, nastavenia prietokomera a nakoniec montáže prevodníkov na potrubie [7].

Priebeh merania

Na zvolené potrubie boli umiestnené sensory ultrazvukového prietokomera FLUXUS G608CA (Obr.1) ako je ukázané na Obr.2.



Obr. 1 Ultrazvukový prietokomer FLUXUSG608CA[8].



Obr. 2 Umiestnenie ultrazvukových senzorov na potrubí s mydlovým kalom.

Vzdialenosť medzi senzormi je vypočítaná kontrolnou jednotkou prietokomera. Pred umiestnením senzorov na potrubie je do kontrolnej jednotky potrebné vložiť údaje o potrubí ako je vonkajší priemer, hrúbka steny a materiál potrubia. Ďalej sa zadáva druh média výberom z knižnice v prístroji alebo, ako v tomto prípade, výberom neznámeho média a zadaním jeho viskozity a hustoty. Následne pred začatím merania kontrolná jednotka navrhne vzdialenosť senzorov a pomocou upevňovacej konzoly a vodiaceho pravítka je možné nastaviť polohu senzorov a pomocou retiazok jednoducho osadiť na potrubie.

Povrch potrubia nevyžaduje zvláštne ošetrovanie. Stačí ho očistiť od hrubých nečistôt, prachu, poprípade oleja. Povrchová ochrana nie je prekážkou pre zabezpečenie presného merania. Zadané parametre o potrubí a médiu sú uvedené v Tab 1.

Tab. 1 Zadané parametre do kontrolnej jednotky prietokomera FLUXUS G608.

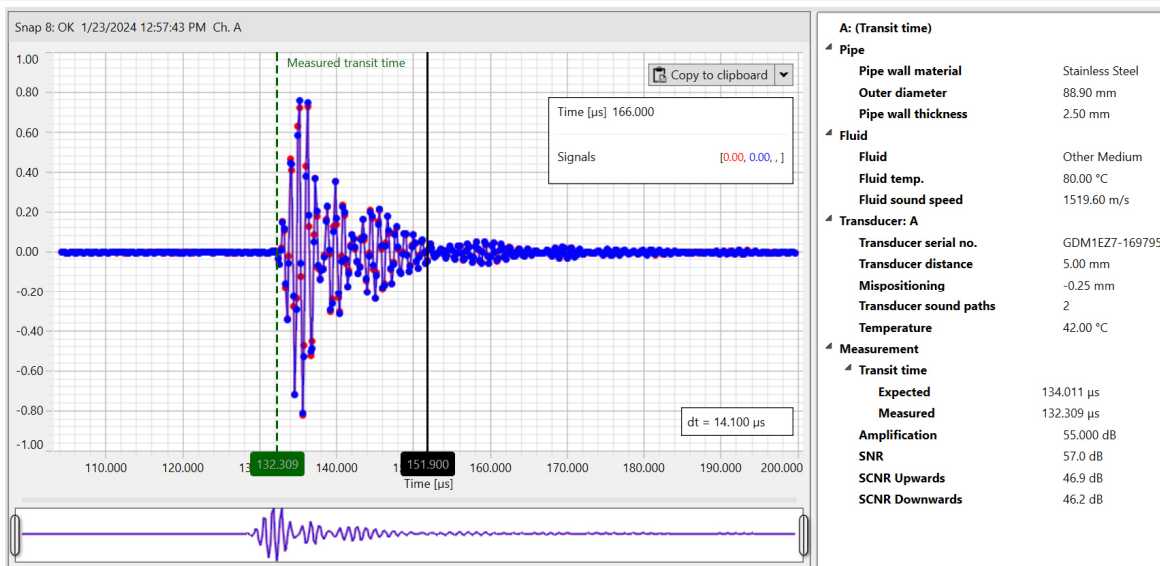
Parameter	Hodnota
Outer diameter / Vonkajší priemer	88,90 mm
Pipe wall thickness / Hrúbka steny	2,50 mm
Pipe wall material / Materiál potrubia	Stainless steel
Fluid / Médium	Other fluid
Fluid sound speed / Rýchlosť zvuku média	1499,20 m/s
Fluid temp. / Teplota média	80,00 °C

Po zadaní parametrov média a potrubia sa prechádza cez menu prístroja do merania. Pred spustením merania je užívateľ vedený krokmi cez diagnostiku, kde sa zobrazujú hodnoty parametrov, na základe ktorých vieme určiť správnosť merania. Najdôležitejšími parametrami sú SNR, kde hodnota má byť vyššia ako 10, SCNR vyššia ako 25 a rýchlosť zvuku má zodpovedať predpokladanej hodnote pri danej teplote média. Diagnostika nášho merania je zobrazená v Tab. 2.

Tab. 2 Hodnoty signálnych parametrov počas merania.

Parameter	Hodnota
Volumetric flow rate / Objemový prietok	3,01 m ³ /h
SCNR/Odstup signal / šum korelovaný	48,2 dB
SNR/Odstup signal / šum	56,8 dB
Amplification / Zosilnenie	54,933 dB
Amplitude / Amplitúda signálu	63,1 %
Quality / Kvalita signálu	99,8 %
Sound speed / Rýchlosť zvuku	1520,75 m/s
Flow velocity / Rýchlosť prúdenia	0,15 m/s

Softvér dodávaný k prístroju umožňuje stiahnutie dát a nastavenie prístroja. Vyššia verzia je určená skôr pre technikov a servisných inžinierov a poskytuje viac parametrov pre diagnostiku. Poskytuje aj obraz signálov, ako je ukázané na Obr. 3, pomocou čoho je možné získať viac informácií o meraní aj o vnútorných podmienkach monitorovaného procesu a stave potrubia. Tieto informácie sú tiež prínosom pre výskumnú činnosť v danej oblasti.



Obr. 3 Zobrazenie tvaru signálov a ich parametrov v meranom procese a hodnôt o nastavení.

Pre ukladanie dát je v prístroji integrovaný datalogger, ktorý umožňuje ukladanie nameraných hodnôt v prednastavených intervaloch, vrátane diagnostiky. Umožňuje ukladať priemerné hodnoty za zvolený resp. užívateľom nastavený časový interval, alebo meranú hodnotu v danom časovom okamihu. Pre naše meranie bol zvolený interval 10 sekúnd pre odsledovanie dynamiky procesu a jeho analýzu. Namerané hodnoty sú zobrazené v Tab. 3.

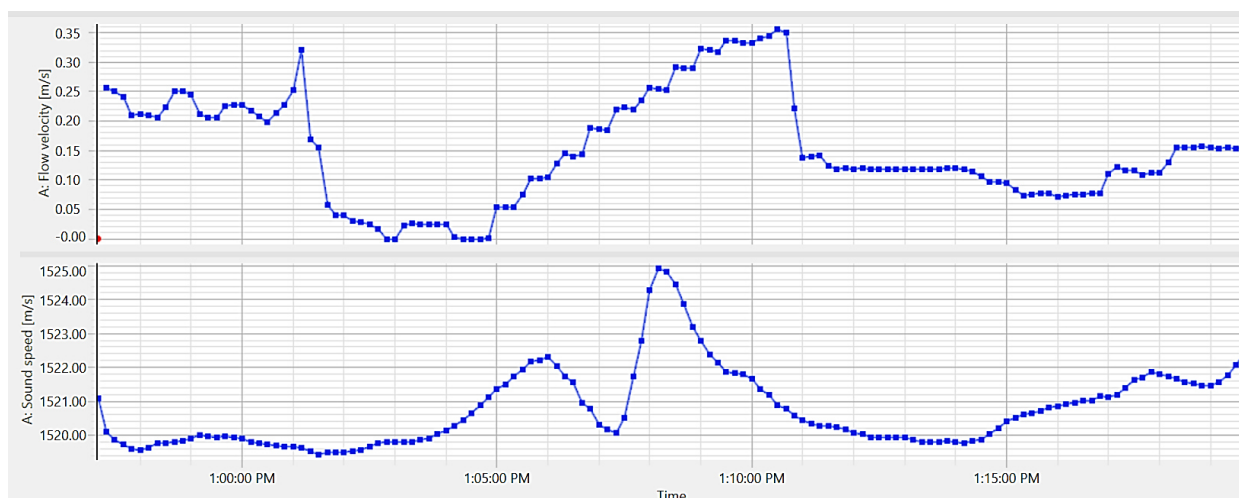
Tab. 3 Namerané hodnoty prietoku média a rýchlosti zvuku, vrátane diagnostiky.

Time	Flow velocity [m/s]	Volumetric flow rate [m ³ /h]	Sound speed [m/s]	Quality [%]	SCNR [dB]	SNR [dB]	Time	Flow velocity [m/s]	Volumetric flow rate [m ³ /h]	Sound speed [m/s]	Quality [%]	SCNR [dB]	SNR [dB]
12:57:20	0,26	5,12	1520,09	99,0	47,0	52,0	13:08:20	0,25	5,04	1524,81	100,0	49,0	57,0
12:57:30	0,25	5,00	1519,87	100,0	47,0	55,0	13:08:30	0,29	5,79	1524,46	100,0	47,0	57,0
12:57:40	0,24	4,80	1519,71	101,0	47,0	57,0	13:08:40	0,29	5,77	1523,87	99,0	48,0	57,0
12:57:50	0,21	4,16	1519,59	99,0	48,0	57,0	13:08:50	0,29	5,75	1523,21	99,0	48,0	57,0
12:58:00	0,21	4,20	1519,56	100,0	48,0	57,0	13:09:00	0,32	6,41	1522,78	99,0	48,0	57,0
12:58:10	0,21	4,18	1519,61	100,0	48,0	57,0	13:09:10	0,32	6,39	1522,39	100,0	48,0	57,0
12:58:20	0,21	4,10	1519,74	99,0	49,0	57,0	13:09:20	0,32	6,33	1522,14	99,0	49,0	57,0
12:58:30	0,22	4,44	1519,74	100,0	49,0	57,0	13:09:30	0,34	6,71	1521,88	100,0	49,0	57,0
12:58:40	0,25	5,00	1519,79	100,0	48,0	57,0	13:09:40	0,34	6,69	1521,85	100,0	49,0	57,0
12:58:50	0,25	4,98	1519,84	100,0	50,0	57,0	13:09:50	0,33	6,63	1521,79	100,0	48,0	57,0
12:59:00	0,24	4,86	1519,91	99,0	48,0	57,0	13:10:00	0,33	6,63	1521,65	100,0	47,0	57,0
12:59:10	0,21	4,22	1519,98	101,0	49,0	57,0	13:10:10	0,34	6,77	1521,37	100,0	47,0	57,0
12:59:20	0,20	4,08	1519,96	101,0	49,0	57,0	13:10:20	0,34	6,85	1521,20	99,0	47,0	57,0
12:59:30	0,20	4,08	1519,94	100,0	47,0	57,0	13:10:30	0,36	7,09	1520,88	100,0	47,0	57,0
12:59:40	0,23	4,50	1519,95	100,0	47,0	57,0	13:10:40	0,35	6,99	1520,79	100,0	48,0	57,0
12:59:50	0,23	4,54	1519,93	100,0	48,0	57,0	13:10:50	0,22	4,40	1520,56	100,0	47,0	57,0
13:00:00	0,23	4,52	1519,88	100,0	47,0	57,0	13:11:00	0,14	2,75	1520,44	101,0	47,0	57,0
13:00:10	0,22	4,34	1519,80	100,0	47,0	57,0	13:11:10	0,14	2,77	1520,34	99,0	47,0	57,0

13:00:20	0,21	4,12	1519,75	99,0	46,0	57,0	13:11:20	0,14	2,81	1520,28	99,0	49,0	57,0
13:00:30	0,20	3,94	1519,74	99,0	45,0	57,0	13:11:30	0,13	2,49	1520,26	99,0	47,0	57,0
13:00:40	0,21	4,26	1519,70	99,0	48,0	57,0	13:11:40	0,12	2,37	1520,22	100,0	47,0	57,0
13:00:50	0,23	4,54	1519,66	99,0	47,0	57,0	13:11:50	0,12	2,39	1520,16	99,0	45,0	57,0
13:01:00	0,25	5,04	1519,64	99,0	47,0	57,0	13:12:00	0,12	2,35	1520,07	99,0	49,0	57,0
13:01:10	0,32	6,39	1519,61	100,0	47,0	57,0	13:12:10	0,12	2,39	1520,02	100,0	48,0	57,0
13:01:20	0,17	3,36	1519,51	99,0	47,0	57,0	13:12:20	0,12	2,35	1519,94	99,0	49,0	57,0
13:01:30	0,16	3,10	1519,43	100,0	48,0	57,0	13:12:30	0,12	2,37	1519,91	100,0	50,0	57,0
13:01:40	0,06	1,15	1519,47	100,0	47,0	57,0	13:12:40	0,12	2,37	1519,92	99,0	49,0	57,0
13:01:50	0,04	0,80	1519,50	99,0	49,0	57,0	13:12:50	0,12	2,35	1519,93	100,0	49,0	57,0
13:02:00	0,04	0,82	1519,50	101,0	48,0	57,0	13:13:00	0,12	2,37	1519,92	100,0	48,0	57,0
13:02:10	0,03	0,60	1519,51	101,0	47,0	57,0	13:13:10	0,12	2,35	1519,85	99,0	47,0	57,0
13:02:20	0,03	0,56	1519,57	99,0	48,0	57,0	13:13:20	0,12	2,37	1519,80	100,0	49,0	57,0
13:02:30	0,02	0,48	1519,66	101,0	48,0	57,0	13:13:30	0,12	2,37	1519,78	99,0	50,0	57,0
13:02:40	0,02	0,34	1519,78	100,0	50,0	57,0	13:13:40	0,12	2,37	1519,79	100,0	50,0	57,0
13:02:50	0,00	0,00	1519,80	100,0	48,0	57,0	13:13:50	0,12	2,39	1519,81	100,0	49,0	57,0
13:03:00	0,00	0,00	1519,81	100,0	49,0	57,0	13:14:00	0,12	2,39	1519,81	100,0	49,0	57,0
13:03:10	0,02	0,44	1519,78	100,0	46,0	57,0	13:14:10	0,12	2,37	1519,76	100,0	48,0	57,0
13:03:20	0,03	0,52	1519,80	100,0	48,0	57,0	13:14:20	0,12	2,29	1519,81	101,0	48,0	57,0
13:03:30	0,03	0,50	1519,86	100,0	48,0	57,0	13:14:30	0,11	2,13	1519,86	101,0	50,0	57,0
13:03:40	0,03	0,50	1519,89	99,0	47,0	57,0	13:14:40	0,10	1,93	1520,03	101,0	49,0	57,0
13:03:50	0,03	0,50	1520,04	100,0	47,0	57,0	13:14:50	0,10	1,91	1520,19	99,0	49,0	57,0
13:04:00	0,03	0,50	1520,13	100,0	47,0	57,0	13:15:00	0,09	1,87	1520,40	99,0	49,0	57,0
13:04:10	0,00	0,06	1520,28	100,0	49,0	57,0	13:15:10	0,08	1,65	1520,51	99,0	49,0	57,0
13:04:20	0,00	0,00	1520,43	100,0	47,0	57,0	13:15:20	0,07	1,45	1520,61	101,0	48,0	57,0
13:04:30	0,00	0,00	1520,63	100,0	48,0	57,0	13:15:30	0,08	1,51	1520,66	100,0	49,0	57,0
13:04:40	0,00	0,00	1520,89	100,0	47,0	57,0	13:15:40	0,08	1,53	1520,70	100,0	48,0	57,0
13:04:50	0,00	0,04	1521,11	100,0	47,0	57,0	13:15:50	0,08	1,53	1520,82	100,0	48,0	57,0
13:05:00	0,05	1,05	1521,34	100,0	48,0	57,0	13:16:00	0,07	1,43	1520,85	101,0	49,0	57,0
13:05:10	0,05	1,07	1521,51	100,0	48,0	57,0	13:16:10	0,07	1,45	1520,92	99,0	47,0	57,0
13:05:20	0,05	1,07	1521,72	100,0	49,0	57,0	13:16:20	0,08	1,51	1520,94	100,0	50,0	57,0
13:05:30	0,08	1,49	1521,94	100,0	49,0	57,0	13:16:30	0,08	1,49	1521,01	99,0	49,0	57,0
13:05:40	0,10	2,03	1522,18	100,0	48,0	57,0	13:16:40	0,08	1,55	1521,03	100,0	47,0	57,0
13:05:50	0,10	2,05	1522,22	100,0	48,0	57,0	13:16:50	0,08	1,55	1521,15	99,0	49,0	57,0
13:06:00	0,10	2,07	1522,29	100,0	48,0	57,0	13:17:00	0,11	2,19	1521,12	101,0	47,0	57,0
13:06:10	0,13	2,53	1522,05	100,0	48,0	57,0	13:17:10	0,12	2,45	1521,19	100,0	49,0	57,0
13:06:20	0,14	2,89	1521,74	100,0	46,0	57,0	13:17:20	0,12	2,33	1521,39	100,0	49,0	57,0
13:06:30	0,14	2,79	1521,57	100,0	49,0	57,0	13:17:30	0,12	2,33	1521,62	100,0	50,0	57,0
13:06:40	0,14	2,87	1520,97	100,0	49,0	57,0	13:17:40	0,11	2,17	1521,71	100,0	50,0	57,0
13:06:50	0,19	3,76	1520,77	100,0	49,0	57,0	13:17:50	0,11	2,25	1521,85	100,0	48,0	57,0
13:07:00	0,19	3,70	1520,30	100,0	48,0	57,0	13:18:00	0,11	2,23	1521,81	100,0	48,0	57,0

13:07:10	0,19	3,68	1520,16	100,0	47,0	57,0	13:18:10	0,13	2,57	1521,71	100,0	49,0	57,0
13:07:20	0,22	4,38	1520,08	100,0	48,0	57,0	13:18:20	0,16	3,08	1521,68	100,0	48,0	57,0
13:07:30	0,22	4,44	1520,50	101,0	49,0	57,0	13:18:30	0,16	3,10	1521,57	100,0	49,0	57,0
13:07:40	0,22	4,36	1521,72	99,0	49,0	57,0	13:18:40	0,16	3,10	1521,53	100,0	50,0	57,0
13:07:50	0,24	4,70	1522,77	99,0	49,0	57,0	13:18:50	0,16	3,12	1521,46	99,0	49,0	57,0
13:08:00	0,26	5,12	1524,28	100,0	49,0	57,0	13:19:00	0,16	3,10	1521,46	100,0	49,0	57,0
13:08:10	0,25	5,06	1524,94	99,0	49,0	57,0	13:19:10	0,15	3,07	1521,57	100,0	50,0	57,0

Hodnoty z Tab. 3 sú zobrazené graficky v grafe 1. Trendy zobrazujú zmenu rýchlosti prúdenia a rýchlosti zvuku podľa regulácie prietoku média a zmeny rýchlosti prúdenia pri dopúšťaní vody do potrubia.



Graf 1. Grafické zobrazenie nameraných hodnôt rýchlosti média a rýchlosti zvuku.

Diskusia

Z grafu 1 je vidieť priebeh merania rýchlosti média aj zmenu rýchlosti zvuku, na základe ktorej je možné analyzovať kvalitatívne parametre sledovaného média, pri súčasnom meraní jeho teploty. Pre meranie teploty je potrebné zvoliť vhodný spôsob merania a druh senzora. Pre neinvazívne meranie je možné použiť príložený snímač, ktorý sa pripája do kontrolnej jednotky prietokomera. Tento druh snímača teploty je však pomalý, pretože nie je v priamom kontakte s médiom a pri dynamických kvalitatívnych zmenách by pomalé meranie teploty spôsobovalo značné odchýlky merania od skutočnej hodnoty sledovaného parametra. Preto pri použití ultrazvukovej metódy pre analýzu je vhodnejšie použitie insitu senzora teploty. V našom prípade išlo o odsledovanie vhodnosti danej metódy na sledovanie zloženia meranej tekutiny, nie o presné výsledky analýzy. Preto nebolo meranie teploty zapojené. Výsledkom merania je preukázanie korelácie medzi rýchlosťou zvuku a zmenou zloženia média pri dopúšťaní základného média iným procesným médiom.

Pri regulácii prietoku riadiacim prvkom technológie je vidieť zmenu rýchlosti prúdenia do času 1:04:00. V tomto časovom bode začalo postupné primiešavanie vody do potrubia s mydlovým kalom, čo je vidno aj na postupnom náraste rýchlosti prúdenia. Nastáva aj dynamická zmena rýchlosti zvuku. Tá je však významne závislá na teplote média, ku ktorej dochádzalo následkom pridávania vody a mala vplyv na priebeh krivky. Z toho vyplýva potreba tepelnej kompenzácie pre zabezpečenie relevantného merania pri analýze kvalitatívnych parametrov sledovaného procesného média.

Záver

Meranie rýchlosti zvuku média spolu s meraním jeho teploty poskytuje možnosti v oblasti analytických meraní popri konvenčných metódach ako napríklad refraktometria, optická analýza absorpciou energie na vybraných vlnových dĺžkach a pod., nové možnosti s tým, že ide o neinvazívnu metódu a tu sa naskytá práve oblasť merania práve v chemickom priemysle, kde neinvazívne merania eliminujú styk s nebezpečnými či abrazívnymi látkami a tak je zabezpečená vysoká životnosť meracieho prístroja, kontinualita výrobného procesu

v prípade údržby, kontroly alebo kalibrácie prístroja a v neposlednom rade bezpečnosť práce, nakoľko merané médium ostáva uzavreté v línii technologického procesu.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] LENZ, Michael, et al. Measurement of the sound velocity in fluids using the echo signals from scattering particles. *Ultrasonics*, 2012, 52.1: 117-124.
- [2] BARBUSIŃSKI, Krzysztof; FAJKIS, Sławomir; SZELĄG, Bartosz. Optimization of soapstock splitting process to reduce the concentration of impurities in wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 280: 124459.
- [3] LAORETANI, Daniela S.; FISCHER, Carlos D.; IRIBARREN, Oscar A. Selection among alternative processes for the disposal of soapstock. *Food and Bioproducts Processing*, 2017, 101: 177-183.
- [4] SHI, Huichao, et al. Study on the influences of multiple parameters with uncertainty in the clamp-on ultrasonic flowmeter. *IEEE Access*, 2020, 8: 183787-183798.
- [5] HAN, Jianping, et al. Studies on the transducers of clamp-on transit-time ultrasonic flow meter. In: *2014 4th IEEE International Conference on Information Science and Technology*. IEEE, 2014. p. 180-183.
- [6] MASSAAD, Jack, et al. Measurement of pipe and fluid properties with a matrix array-based ultrasonic clamp-on flow meter. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 2021, 69.1: 309-322.
- [7] FLEXIM. [online] – Dostupné na internete: <https://www.flexim.com/en/product/fluxus-f601>
- [8] DIRECT INDUSTRY. [online] – Dostupné na internete: Ultrasonic flow meter FLUXUS G608 CA. <https://www.directindustry.com/prod/flexim-flexible-industriemesstechnik-gmbh/product-18892-1850678.html>