

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Zakład Pomiaru Parametrów Przepływu

Główny wykonawca mgr inż. Janusz Kosiński

Wykonawcy

Konsultant

Nr zlecenia 1123

Stanowisko przepływowe gazowe do
wzorcowania pierwotnego.

Etap 1. Opracowanie założeń stano-
wiska

Zleceniodawca CPBR 7.2

Pracę rozpoczęto dnia styczeń 1988
Kierownik Pracowni Z-ca Dyrektora
d/s Pomiarów

zakończono dnia 88.04.30
Kierownik Zakładu

dr.inż. Sylwin
Osipow

dr.inż. Jan Winiecki

mgr inż. Stanisław
Kołodziejski

Praca zawiera:

stron 17

rysunków 4

fotografii -

tabel -

tablic -

załączników -

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 Zleceniodawca

Egz. 3 " "

Egz. 4 DPQ

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 6062

Analiza deskryptorowa

Analiza dokumentacyjna

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD

681.121
PIAP-252/83-6000

Peptydowe geny
681.12.1581 - Wzrostowe

2

S P I S T R E S C I

- I Wyjaśnienia wstępne
- II Założenia do stanowiska przepływowego
 - Uzasadnienie podjęcia pracy
 - Wymagania i propozycje dotyczące poszczególnych członów układu stanowiska
 - Analiza błędów stanowiska
 - Możliwości budowy
 - Ocena kosztów stanowiska
 - Spis literatury
- III Uwagi końcowe

I Wyjaśnienia wstępne

Temat został rozpoczęty z inicjatywy Instytutu przez zgłoszenie go do drugiego etapu CPBR 7.2 poprzez koordynatora, którym jest Zrzeszenie MERA. Otwarcie zlecenia na wykonanie tej pracy w PIAP nastąpiło w styczniu 1988 r. pod numerem 1123.

Realizację pracy rozpoczęto od opracowania założeń dla stanowiska, co stanowiło pierwszy punkt kontrolny. Równocześnie rozpoczęto prace na konto drugiego punktu kontrolnego, który obejmował projekt techniczny stanowiska.

Między innymi poza własnym zaangażowaniem uzgodniono z Komplex - Projektem opracowanie dokumentacji na zbiorniki przetłoczone o pojemności około 10 m^3 i ciśnieniu roboczym 4 MPa.

Zbadano możliwości wyposażenia stanowiska w aparaturę pomiarową i poczyniono kroki zapewniające dostawę na termin realizacji 4-go punktu kontrolnego. Opracowano koncepcję i uzgodniono możliwość adaptacji krajowych pomp śrubowych do specyficznego przetłaczania oleju między zbiornikami.

Poczyniono również kroki zapewniające zakup w przyszłym roku głównych elementów konstrukcyjnych, które wchodzić będą w skład stanowiska, a więc do realizacji punktu kontrolnego 4, takie jak zbiorniki, pompy, rurociągi, zawory.

Dalsza realizacja pracy została wstrzymana pismem Zrzeszenia MERA znak ZT/19/88 z dnia 1988.04.06, z motywacją, że w ramach II etapu CPBR 7.2 zabrakło środków na finansowanie tego tematu. Pracę więc przerwano oraz odwołano wysłanie już zlecenia na opracowanie dokumentacji zbiorników ciśnieniowych, oraz zamówienia na wykonanie tych zbiorników jak również zamówienia na pompy śrubowe i kompresor.

Z inicjatywy Zrzeszenia w dniu 6 maja b.r. odbyła się w PKNMiJ narada poświęcona możliwości znalezienia innego źródła finansowania tej pracy oraz poparcia sprawy ze strony Komitetu. Szczegółowa relacja z tej narady, oraz z następnego spotkania w PKNMiJ w tej sprawie, znajduje się w rozdziale III - Uwagi końcowe.

II Założenia do stanowiska przepływowego gazowego do wzorcowania pierwotnego. /Temat CPBR 7.2/

Poprawna nazwa stanowiska powinna brzmieć: "Stanowisko przepływowe - gazowe z wzorcem pierwotnym" i taką nazwa będzie stosowana w treści założeń.

Uzasadnienie podjęcia pracy - Narastające potrzeby dokładnych pomiarów przepływu objętości i masy gazu, w szerokim zakresie ciśnień i temperatur zmuszają do stosowania importowanych przepływomierzy z niespotykanymi do niedawna dokładnościami rzędu ułamków procenta. Ma to szczególne znaczenie przy rozliczaniu gazów energetycznych.

W związku z powyższym powstała konieczność opracowania takich przepływomierzy produkcji krajowej. Przystąpienie w ramach CPBR 5.9 do opracowania rodziny przepływomierzy turbiniowych do gazu narzuciło potrzebę badania ich charakterystyk metrologicznych i wzorcowania. Nie posiadając odpowiedniego stanowiska wzorcowniczego, zmuszeni będziemy do zlecenia prac wzorcowniczych do Holandii lub Anglii /koszt wzorcowania rzędu kilku tys. USD za szt./, gdyż tylko tam w Europie znajdują się odpowiednie urządzenia. W krajach RWPG brak takich stanowisk, a po wybudowaniu ich u nas, można będzie liczyć również na eksport usług w tym zakresie.

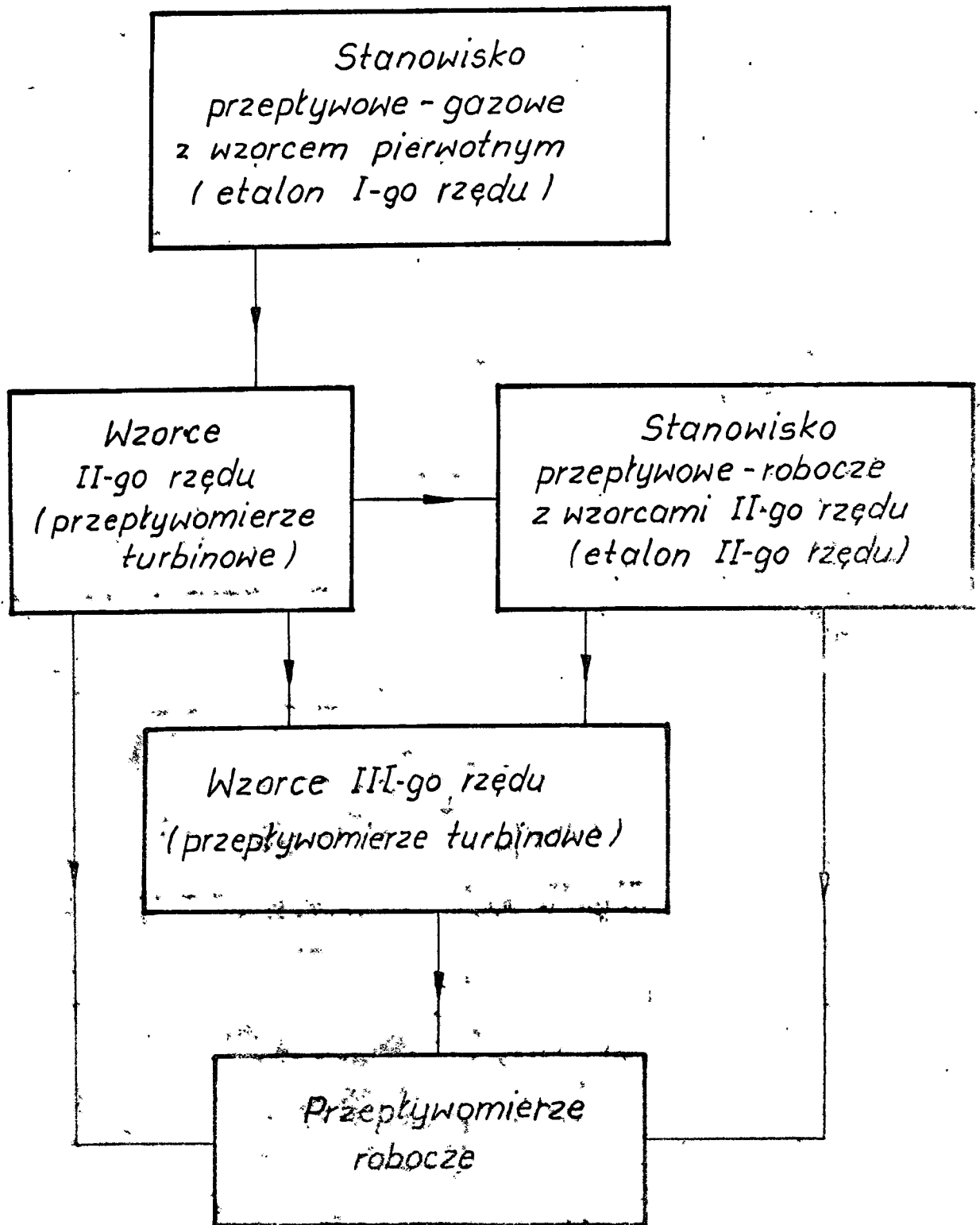
Założenia ogólne systemu pomiarowego.

Ze względu na duże trudności w budowie stanowiska na wysokie ciśnienie /rzędu 4,0 MPa/ i duże strumienie objętości / rzędu $5000\text{m}^3/\text{h}$ /, przyjęto system wzorcowań opisany poniżej przedstawiony na rys.1.

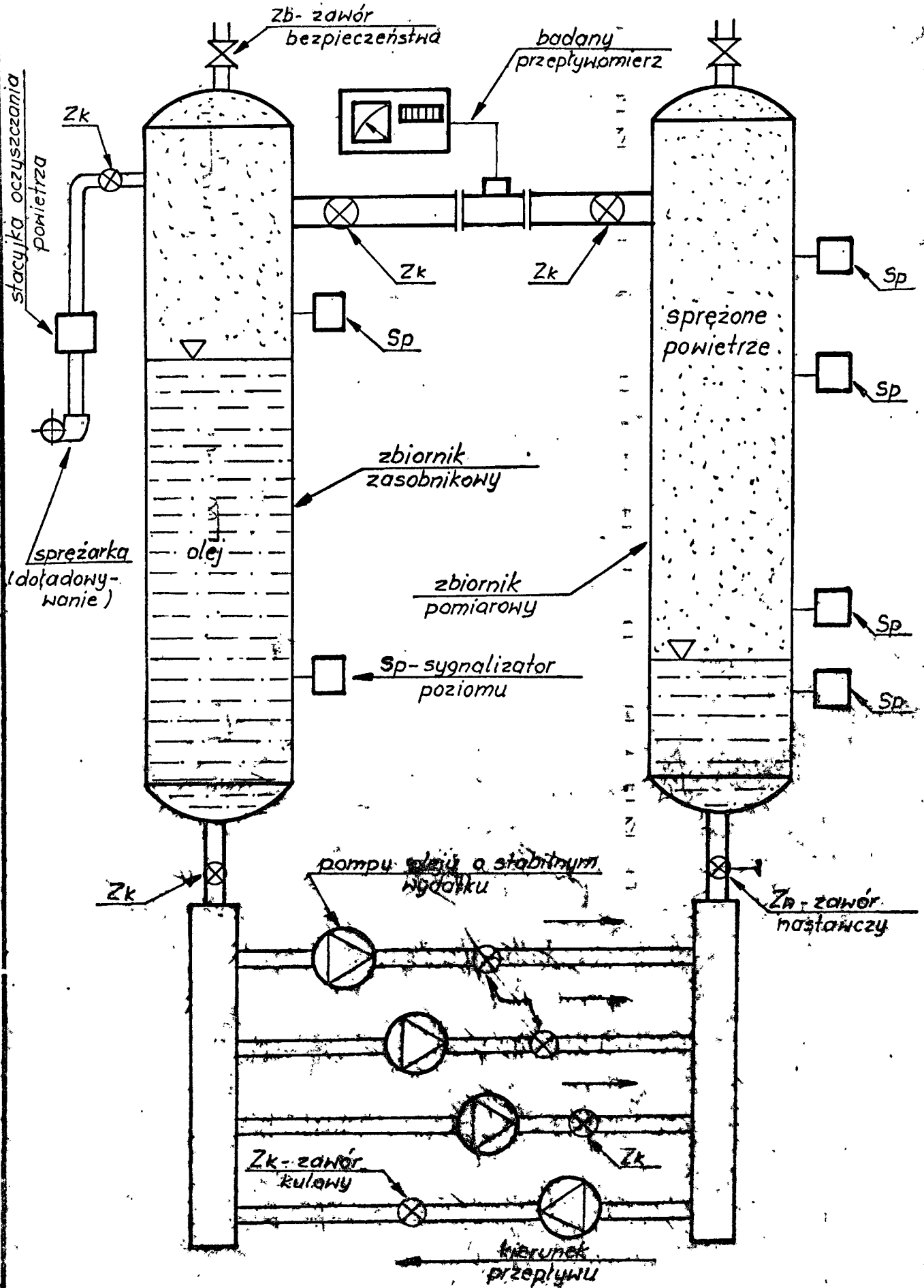
1/ Stanowisko przepływowe z wzorcem pierwotnym

przeznaczone do badania charakterystyk i sprawdzania wzorców II rzędu, o ograniczonej wartości strumienia objętości do $400\text{m}^3/\text{h}$ przy gęstościach powietrza od 1 do $50\text{kg}/\text{m}^3$ /Przy zastosowaniu jako medium dwutlenku węgla zamiast powietrza gęstość może wynieść nawet $75\text{kg}/\text{m}^3$ /.
Będzie ono wzorcem /etalonem/ I-go rzędu.

Schemat stanowiska przedstawiono na rys. 2, a zasada działania tego stanowiska polega na przetłaczaniu określonej objętości sprężonego powietrza z jednego zbiornika przetłoczonego do drugiego przy pomocy tzw. tłoka hydraulicznego.



Rys. 1



Rys. 2

- 2/ Wzorcami II-go rzędu będą wybrane przepływomierze turbinowe np:
- PTG 25 o zakresie $5+50 \text{ m}^3/\text{h}$ i
PTG 65 o zakresie $30+400 \text{ m}^3/\text{h}$, oraz
ich zespoły - kilka przepływomierzy sprzęgniętych równolegle /dla uzyskania większych strumieni objętości/.
Wzorce te przeznaczone są do badania charakterystyk i sprawdzania wzorców III-go rzędu, oraz przepływomierzy roboczych - użytkowych.
- 3/ Stanowisko przepływowe - robocze umożliwiające uzyskanie strumienia objętości rzędu $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ /przy gęstościach powietrza jak przy stanowisku z wzorcem pierwotnym/ i wyposażone w wzorce II-go rzędu. Będzie to stanowisko wzorcowe /etalon/ II-go rzędu.
Stanowisko przepływowe robocze projektowane jest i budowane w ramach tematu w CPBR 5.9. i przeznaczone jest do badania charakterystyk i sprawdzanie wzorców III-go rzędu, oraz przepływomierzy roboczych- użytkowych.

Wymagania i propozycje dotyczące poszczególnych członów układu stanowiska z wzorcem pierwotnym

- 1/ Sprężarka służąca do wywołania w układzie odpowiedniego ciśnienia /do 4 MPa/, powinna mieć wydatek $20 \text{ m}^3/\text{h}$.
Za sprężarką powinna być zainstalowana stacyjka oczyszczania powietrza.
- 2/ Zbiorniki powinny mieć niezawodne zabezpieczenie przed wypróżnieniem i przepełnieniem olejem, oraz zawory bezpieczeństwa.
Zbiorniki powinny być wyposażone wewnątrz w urządzenia zapewniające zmniejszenie do minimum wahań swobodnego lustra oleju.

- 3/ Sygnalizatory poziomu oleju w zbiorniku pomiarowym charakteryzujące się wysoką dokładnością powinny być rozstawione tak, aby wyznaczały założone dawki objętości np 1,5; 2,5; i 4m³. Pozwoli to na odmierzanie następujących dawek: 1,5 - 2,5 - 4,0 - 5,5 - 6,5 i 8m³.
- 4/ Odcinek pomiarowy rurociągu, łączący obydwie zbiorniki, powinien umożliwiać łatwe instalowanie rur o średnicach od 15 do 250mm z płynnymi przejściami do zbiorników /dyfuzory, konfuzory/. Powinien on być dostatecznie długi /7 do 10m/ i prosty.
Proponuje się zainstalowanie zaworów kulowych - jako odcinające. Zawory nastawcze służące do regulacji wartości strumienia powinny mieć specjalną konstrukcję, zapewniającą precyzyjne nastawianie strumienia objętości.
- 5/ Przewiduje się zainstalowanie czterech pomp olejowych, ślimakowych typu A125-3, o wydatkach rzędu 125m³/h, z tym że jedna z nich będzie służyć do przetłaczania powrotnego. Jedna z pomp będzie miała płynnie regulowane obroty, co pozwoli na ciągłe zmiany wydatku pomp w zakresie $Q \pm 375m^3/h$.
- 6/ Stanowisko będzie wyposażone w czujniki ciśnienia i temperatury wysokiej dokładności, oraz odpowiednie mierniki.
- 7/ Pomieszczenie w którym znajdują się zbiorniki musi być wyposażone w urządzenia zapewniające jednakową temperaturę w czasie pomiarów, w całej objętości pomieszczenia oraz pomp i odcinka pomiarowego.

Analiza błędów stanowiska

Dokładność odmierzenia dawek objętości uzależniona będzie od czułości sygnalizatorów poziomu oleju w zbiornikach, Przyjmując średni błąd pomiaru poziomu oleju $\Delta h = 1\text{mm}$ i wysokość dawek;

najmniejszej $1,5\text{m}^3/\text{h}_{\min} \cong 728\text{ mm}$, oraz

największej $8\text{m}^3/\text{h}_{\max} \cong 3882\text{mm}$

błędy odmierzonych dawek będą wynosić : $\sigma_d = \frac{\Delta h}{h}$

od $\frac{1}{728} \approx 0,137\%$ do $\frac{1}{3882} \approx 0,026\%$.

Dokładność odmierzenia czasu trwania przepływu będzie najgorsza przy największym przepływie $Q_{\max} = 375\text{m}^3/\text{h}$ ze względu na ograniczoną dawkę $\leq 8\text{m}^3$.

Najkrótszy czas pomiaru wyniesie $\tau = \frac{V_d}{Q} = \frac{8}{375} = 0,021 \cdot \text{h} \approx 76,8\text{s}$

co przy automatycznym odmierzeniu czasu /błąd $\Delta \tau = 0,05\text{s}$ / spowoduje błąd czasu odmierzenia dawki powietrza o wartości

$$\sigma_{\tau} = \frac{\Delta \tau}{\tau} = \frac{0,05}{76,8} = 0,065\%$$

Przy dłuższych czasach rzędu 3 minut błąd ten wyniesie:

$$\sigma_{\tau} = \frac{0,05}{180} = 0,028\%$$

Błąd średni /kwadratowy/ pomiaru strumienia objętości wyniesie:

- dla małych przepływów

$$\sigma_{Q_{\min}} = \sqrt{\sigma_{V_d}^2 + \sigma_{\tau}^2} = \sqrt{0,137^2 + 0,028^2} = 0,140\%$$

- dla dużych przepływów

$$\sigma_{Q_{\max}} = \sqrt{0,026^2 + 0,065^2} = 0,070\%$$

Jak z powyższej analizy wynika o wartości błędu strumienia objętości decydują:

- przy małych przepływach błędy odmierzenia dawek /objętości/.
- przy dużych przepływach błędy odmierzenia czasu trwania pomiaru.

AA

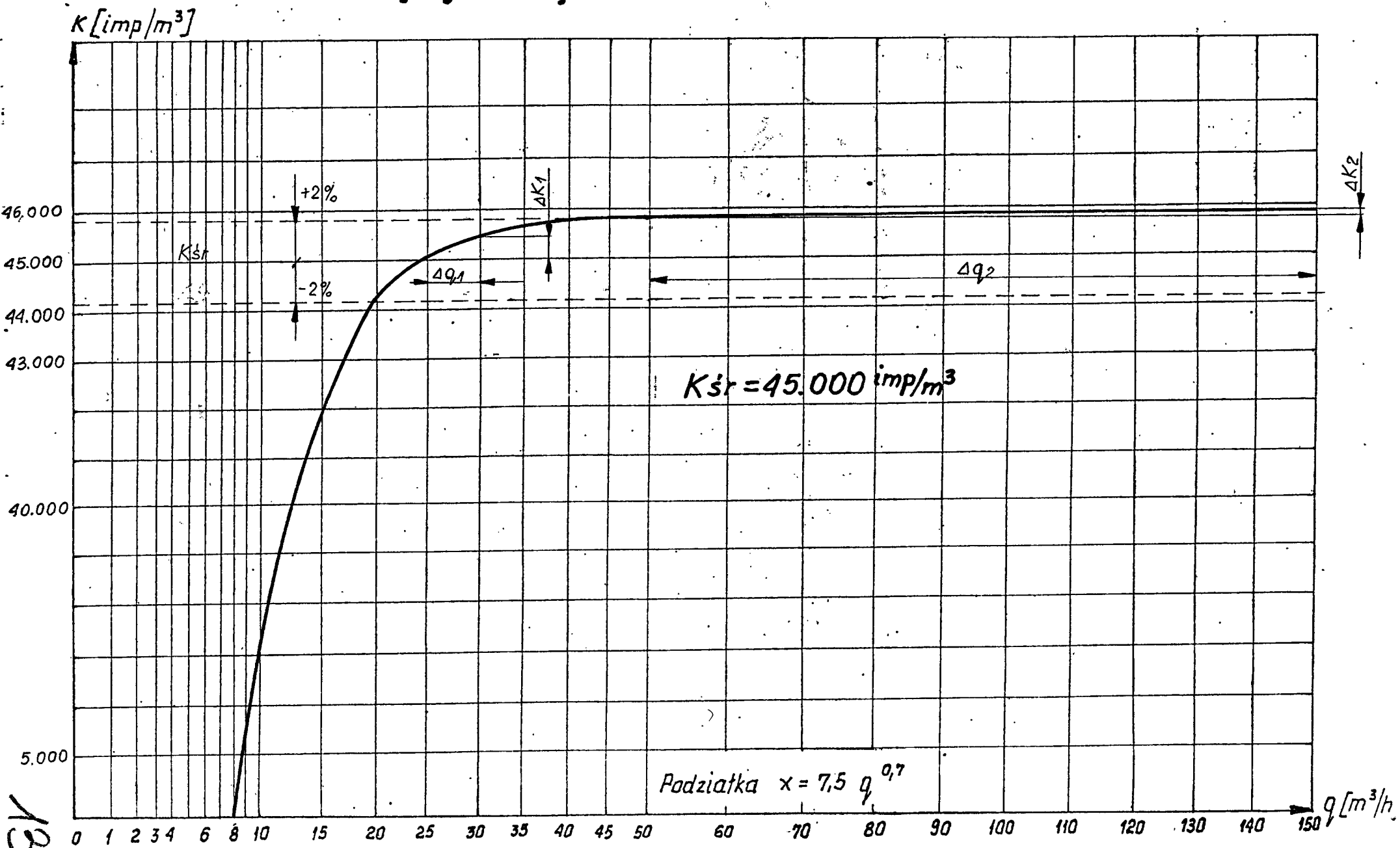
Wpływ niestałości strumienia objętości-

- podczas trwania pomiaru, na dokładność charakterystyki metrologicznej czujnika turbinowego.

Najłatwiej i obrazowo można ten wpływ przedstawić na przykładzie czujnika turbinowego np. PTG 40 nr.8804, którego charakterystykę metrologiczną przytoczono na rys.3.

Rozpatrzono dwa przypadki: dla małych strumieni objętości na początku zakresu pomiarowego od 25 do 30 m³/h oraz dla dużych strumieni objętości dla przeważającej części zakresu pomiarowego od 50 do 150 m³/h.

Charakterystyka czujnika .. PTG-40 .. Nr. 8804



18

K45. 5

-10-

1/ Dla zakresu strumieni $q = 25 \div 30 \text{ m}^3/\text{h}$

przyrostowi $\Delta q_1 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ odpowiada przyrost stałej czujnika $\Delta K_1 = 45400 - 45000 = 400 \text{ imp/m}^3$.

Stąd można przyjąć /zastępując łuk-cięciwą/, że przyrost względny stałej czujnika wyniesie

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta q}{q} \cdot \frac{\frac{\Delta K_1}{K_1 \text{ sr}}}{\frac{\Delta q_1}{q_1 \text{ sr}}} = \frac{\Delta q}{q} \cdot \frac{400}{\frac{45200}{27,5}}$$

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta q}{q} \cdot 0,04867$$

Dopuszczając błąd względny wyznaczenia stałej czujnika K o wartości 0,1% otrzymamy, dopuszczalną niestalość strumienia objętości rzędu 2% w wyżej przyjętym zakresie

$$\left[\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta K}{K} \cdot \frac{1}{0,04867} = 2,055\% \right]$$

2/ Dla zakresu strumieni $q = 50 \div 150 \text{ m}^3/\text{h}$ przyrostowi

$\Delta q_2 = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ odpowiada przyrost stałej czujnika $\Delta K_2 = 100 \text{ imp/m}^3$

W sposób analogiczny jak wyżej określić można, że

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta q}{q} \cdot \frac{\frac{\Delta K_2}{K_2 \text{ sr}}}{\frac{\Delta q_2}{q_2 \text{ sr}}} = \frac{\Delta q}{q} \cdot \frac{100}{\frac{45350}{100}} = \frac{\Delta q}{q} \cdot 0,002181$$

Dopuszczając jak wyżej względny błąd wyznaczenia stałej czujnika K o wartości = 0,1% otrzymamy dopuszczalną niestalość strumienia objętości rzędu 45% w wyżej przyjętym zakresie

$$\left[\frac{\Delta q}{q} = 0,1 \frac{1}{0,002181} = 45,85\% \right]$$

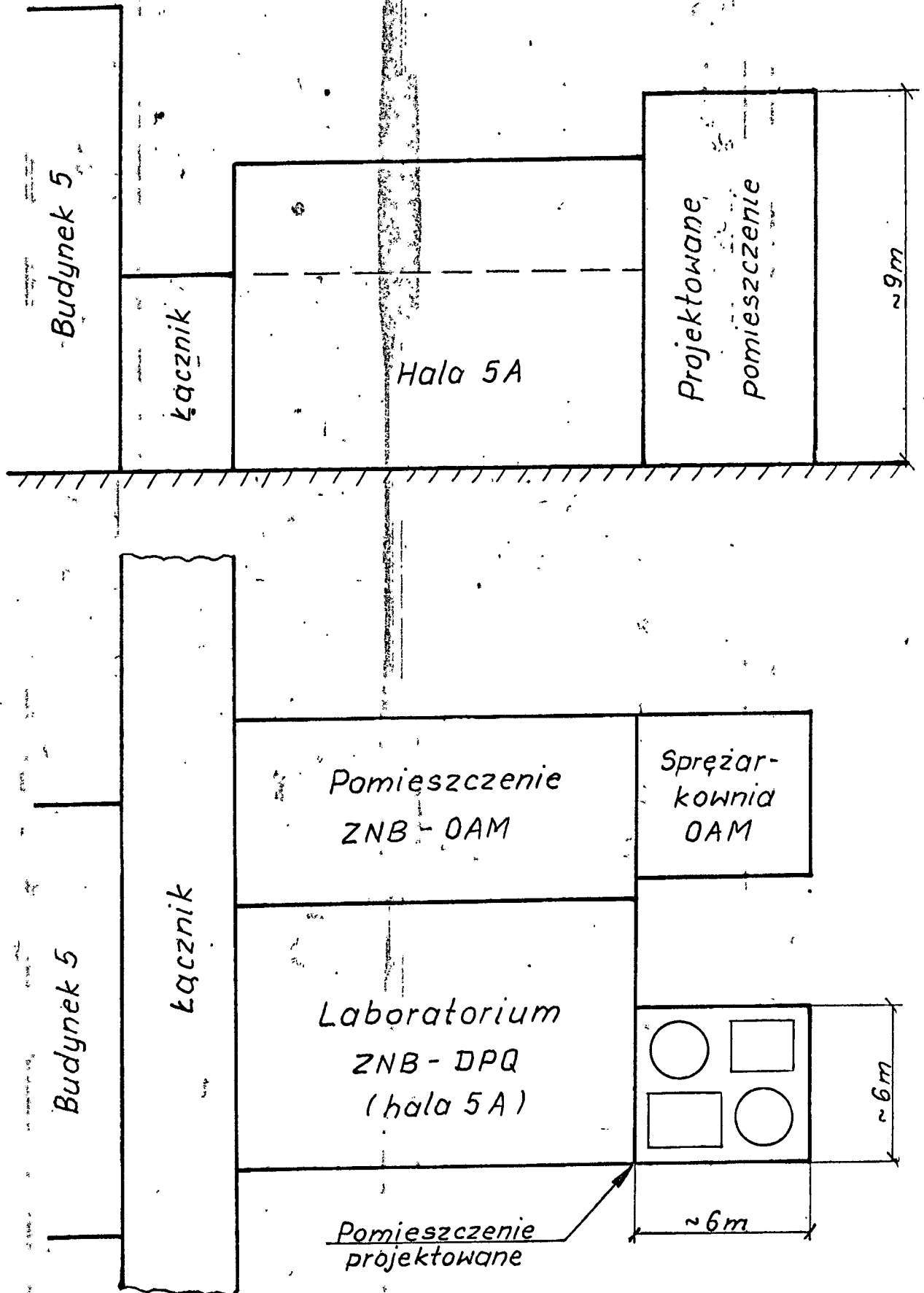
Ogólnie można twierdzić, że niestalość strumienia objętości ma znaczenie tylko dla niskich strumieni objętości /tam gdzie charakterystyka nie jest dostatecznie płaska - i wykazuje duży gradient stałej czujnika "K"/.

Możliwości budowy

Ze względu na wysokość zbiorników i wygodę przy ich eksploatacji pomieszczenie powinno mieć wysokość ~9m. Istnieje możliwość dobudowania takiego pomieszczenia jako przedłużenie istniejącego laboratorium /hala 5A/, na podobieństwo wybudowanej już sprężarkowni. Szkic usytuowania pomieszczenia przedstawiono na rys.4.

W pomieszczeniu tym powinny być zainstalowane także pompy olejowe i sprężarka.

Natomiast odcinek pomiarowy rurociągu powinien znajdować się w laboratorium ZNB - DPQ.



Rys. 4

Ocena kosztów stanowiska pierwotnego

Główne pozycje kosztów stanowiska to:

1 - dodatkowe pomieszczenie /projekt, budowa/	8,0 mil.zł.
2 - zbiorniki /pomiarowy i zasobnikowy/ /projekt, wykonanie, montaż/	4,0 mil.zł.
3 - pompy i silniki	6,0 mil.zł.
4 - sprężarka /do doładowywania/	1,0 mil.zł.
5 - instalacja hydrauliczna i powietrzna /rurociągi, kolektory, dyfuzory, konfuzory, zawory kulowe, nastawcze i bezpieczeństwa oraz montaż/	25,0 mil.zł.
6 - oprzyrządowanie stanowiska /czujniki poziomu, temp. ciśnienia, wilgotność/	10,0 mil.zł.
7 - pozostałe	8,0 mil.zł.
	<hr/>
Razem:	62,0 mil.zł.

Są to koszty orientacyjne i wg. cen obowiązujących w 1987 roku.

Spis literatury

Przy opracowaniu niniejszych założeń korzystano z niżej wymienionych dokumentów, prospektów, literatury itp. materiałów.

- 1/ H.J.Evans. Turbine Meters for High Pressure Gas Measurement. 12-th World Gas Conference in Nice, France, on June 8, 1973.
- 2/ D.E.Fain, W.H.Harber. A versatil volumetric system for measuring gas flows. Flow - its measurement and control in science and industry. Instrument Society of America. Pittsburg 1974.
- 3/ P.J.Orbons, F.A.vonLaak. Flow metering in a long distance pipelinegrid for ethylene under high préssure. Acta Imeko. 1982.
- 4/ C.Ciğnolo, F.Alasia, R.Goria, G.Martini, A.Rivetti. A new primary rig for accurate flowmeter calibration. Acta Imeko 1982.

- 5/ Rolf Matschke, "Volumenmessung strömender Gase". - VDI - Verlag, Düsseldorf 1983.
- 6/ U. Wernekinck, "Installation for Calibrating, under operating Conditions of Gas Turbine Meters. Industrial Flow Measurement - International Conference. London 22-23 Sept. 1987.
- 7/ S.J. Bailey, "Mass metering and precision volumetrics abound in flow control. "Control Engineering": March 1987.

III Uwagi końcowe

Pomimo, że praca została przerwana, to uważamy, że dokonane opracowanie założeń dla stanowiska przepływowego zostanie wykorzystane, gdyż konieczność budowy stanowiska będzie wraz z upływem czasu narastała i w przyszłości jego budowa musi być podjęta na nowo. Bardzo istotnym doświadczeniem uzyskanym z dotychczasowej pracy jest stwierdzenie możliwości budowy stanowiska całkowicie z krajowych materiałów, urządzeń i aparatury.

W poszukiwaniu poparcia i możliwości finansowania budowy stanowisk badawczych a w tym również gazowego stanowiska przepływowego wzorcem pierwotnym, z inicjatywy Zrzeszenia MERA, w dniu 13 kwietnia 1988 odbyła się narada u Dyrektora Departamentu Techniki PKNMiJ mgr inż. Andrzeja Niedźwiedzia. Z ramienia Zrzeszenia występował mgr inż. Szczyrba, zaś ze strony PIAP występowało kilka osób reprezentujących poszczególne tematy, w zakresie stanowiska gazowego występował dr. inż. Osipow. Ze strony PKNMiJ był obecny Kierownik Z-du Termodynamiki dr. inż. Grudniewicz. Niestety nie był obecny specjalista w zakresie przepływów mgr inż. Rakowiecki.

Po zreferowaniu tematów i wzajemnych wyjaśnieniach sformułowane zostało przez obu przedstawicieli PKNMiJ stanowisko w poruszanych sprawach.

PKNMiJ nie posiada żadnych możliwości finansowania budowy stanowiska przepływowego do wzorcowania pierwotnego. Ponadto PKNMiJ również nie wyraził zainteresowania udzieleniem poparcia w poszukiwaniu środków na budowę omawianego stanowiska pomiarowego w PIAP.

Równocześnie dr. Grudniewicz poinformował, że posiada projekt stanowiska gazowego do wzorcowania i badań, które będzie w najbliższym czasie budowane przez przemysł naftowy w Jaśle. Projektu tego nie może na razie udostępnić, gdyż jest on poufny. Wobec faktu, że stanowisko to będzie budowane w Jaśle, wszelkie zamierzenia PIAP budowy stanowiska przepływowego z wzorcem pierwotnym nie mają racji bytu. Wiadomość ta była dla przedstawicieli PIAP zaskoczeniem. Jeśli jednak decyzja o budowie jest faktem, to konieczne jest abyśmy zapoznali się z projektem stanowiska, celem upewnienia się, że będziemy mogli z niego skorzystać i przy jego pomocy wykonywać nasze niezbędne prace wzorcownicze.

W tym celu umówiono się z dr. Grudniewiczem, że za kilka dni będziemy mogli zapoznać się w PKNMiJ ze wspomnianym projektem.

W dniu 5 maja 1988 nastąpiło ponowne spotkanie w PKNMiJ /udział wzięli mgr inż. W. Winiarski i dr. inż. S. Osipow/, na którym okazało się, że w Jaśle będzie budowane rutynowe stanowisko do wzorcowania gazomierzy. Stanowisko takie ma niskie parametry metrologiczne i służy do prac rutynowych wyłącznie z gazomierzami. Jego cechy metrologiczne i użytkowe są bardzo dalekie od wymagań dla stanowiska z wzorcem pierwotnym, przeznaczonego do badań i wzorcowania przepływomierzy stanowiących wzorce drugiego rzędu. Projekt zaś posiadany przez dr. Grudniewicza jest znany w PIAP i dotyczy budowy stacji badawczej przepływu gazu z wieloma stanowiskami i opracowany został przez Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie w roku 1983. Projekt ten zakrojony na dużą skalę, niestety nie uzyskał środków na realizację ani po jego opracowaniu, ani do chwili obecnej, a więc budowa stacji pomiarowej nie wchodzi w rachubę.

Gdyby zrealizowano budowę stacji pomiarowej w/g tego projektu spodziewaćby się można, że PIAP mógłby korzystać ze stanowiska wzorcowniczego tam znajdującego się. W sytuacji jednak gdy nie buduje się takiej stacji, stanowisko z wzorcem pierwotnym jest koniecznością, gdyż wynika z aktualnych potrzeb w sferze prac badawczych, w sferze eksploatacji już posiadanych urządzeń pomiarowych oraz w sferze przyszłej niedalekiej produkcji.