

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

442 Pracownia Pomiarów Drogi

BE 10

Główny wykonawca dr inż. E. Golonka

Wykonawcy inż. Z. Bojań, mgr inż. M. Muter, mgr inż. L. Nowakowski,
st. techn. J. Zduniak, techn. J. Biegański.

Konsultant

Nr zlecenia 1715

"Opracowanie i wdrożenie urządzeń pomiarowych do kompleksowej kontroli i obserwacji stanu technicznego budowli wodnych z uwzględnieniem automatyzacji pomiarów"

Podtemat VIIa. "Opracowanie i wykonanie 2-ch egzemplarzy czujnika SCCwp-05 o zakresie pomiarowym do 0,5atn. oraz dokonanie rekonstrukcji czujnika typu SCK rozszerzając jego zakres pomiarowy do +15!"

Zleceniodawca INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ

Pracę rozpoczęto dnia 80.01.01 zakończono dnia 85.06.30

Kierownik Pracowni

Kierownik Ośrodka

E. Golonka
dr inż. E. Golonka

DYREKTOR

S. Dwojak
prof. dr inż. S. Dwojak

J. Winiecki
dr inż. J. Winiecki

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz: 6

stron 8

Egz. 1 BOINTE-PIAP

rysunków 4

Egz. 2 IMGW

fotografii

Egz. 3 ORC-PIAP

tabel

Egz. 4 IMGW

tablic 6

Egz. 5 IMGW

załączników

Egz. 6 ORC-PIAP

Nr rejestr. 5430

Analiza deskryptorowa APARATURA POMIAROWA: APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA
BUDOWLI WODNYCH - POMIAR CIŚNIENIA WODY PAROWEJ, POMIAR KĄTA ODCHYLENIA
OD PIONU.

Analiza dokumentacyjna APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA OPARTA NA METODZIE
STRUNOWEJ/TENSOMETRIA STRUNOWA/ PRZEZNACZONA DO ZDALNYCH I DŁUGOTRWALYCH
/LUB KRÓTKOTRWALYCH/POMIARÓW - POMIAR CIŚNIENIA WODY PAROWEJ, POMIAR KĄTA
ODCHYLENIA OD PIONU.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Podtemat Nr I "Założenia konstrukcyjne i badanie stanu techniki"
Nr rej. 4604/c.I, II, III.

Podtemat Nr II "Opracowanie i wykonanie zestaw 4-6 rodzajów prototypów
czuj. strunowych do pomiaru odkształceń/.... / oraz oprac.
czujników do pomiaru przemieszczeń liniowych/...../
Nr rej. 4132.

Podtemat Nr III "Opracowanie i wykon. zestawu prototypowych czujn. indukcyj-
nych/.... / wraz z apar. odbiorczą/..... / Nr rej. 4975

Podtemat Nr IV "Opracowanie i wykon. zestawu prototypów./ sond/pomiarowych
do zdalnego pomiaru odchyleń kątowych mierzonych w specj.
rurach/inklinometrów rurowych/ /.... / Nr rej. 5007

Podtemat Nr V "Opracowanie i wykonanie prototypowych szczelinomierzy
strunowych w ilości po 10 szt. dla trzech zakresów pomia-
rowych" Nr rej. 5101.

Podtemat Nr VI "Opracowanie i wykonanie prototypowych czujników-/sond/
do pomiaru nacisku/ciśnienia w odwiertach dynamometrów
strunowych/ w ilości 6 szt. Nr rej. 5274.

Podtemat Nr VII "Opracowanie i wykonanie prototypowych sond do zdalnych
badań parametrów gruntu w dwóch rodzajach, w ilości
8 szt. - sprawozdanie Nr rej. 5396.

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

621.317.39.084.2

Grupa pomiarowa

SPIS TREŚCI :

	str.
1. SPRAWY FORMALNE	3
1.1. Przedmiot pracy	3
1.2. Zamawiający	3
1.3. Podstawa wykonania pracy	3
1.4. Zakres pracy	3
2. BADANIA LABORATORYJNE MODELI CZUJNIKÓW STRUNOWYCH - TYPU SCCwp - 05 i - TYPU SCK - 15	
2.1. Cel pracy i sposób jej realizacji	4
2.2. Przedmiot pracy	5
2.3. Sprawdzenie sygnałów pomiarowych i prawidłowości mechanicznego wykonania czujników	5
2.4. Wzorcowanie czujników SCCwp-05 i SCK-15	6
2.5. Badania wpływu temperatury otoczenia na wskazania czujników	7
3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI	8

1. SPRAWY FORMALNE

1.1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy przedstawionej w niniejszym sprawozdaniu było opracowanie, wykonanie, badania laboratoryjne i wzorcowanie modeli czujników strunowych:

- typu SCCwp-05 - o zakresie pomiarowym do 50kPa/0,5atn/

- typu SCK-15 - o zakresie pomiarowym do $\pm 15'$

przeznaczonych odpowiednio do badań ciśnienia wody o zakresie pomiarowym od 0 do 50kPa /0,5 atn/ i do badań pionowych odchyłeń kątowych budowli o zakresie od 0 do $\pm 15'$.

1.2. Zamawiający.

Praca została zamówiona przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie i stanowi VIIa podtemat; tematu : "Opracowanie i wdrożenie urządzeń pomiarowych dla kompleksowej kontroli i obserwacji stanu technicznego budowli wodnych z uwzględnieniem automatyzacji pomiarów", wchodzącego do Programu Rządowego PR-7 "Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych kraju".

1.3. Podstawa wykonania pracy.

Umowa nr 1325/80 /zlec.1715-PIAP/ wraz z aneksami od 1+5 zawarta między IMGW a MERA-PIAP.

1.4. Zakres pracy.

Praca obejmowała opracowanie konstrukcji/rekonstrukcja/, wykonanie po 2 szt. czujników SCCwp-05 i SCK-15; modeli i ich badania, a następnie wykonanie dokumentacji dla serii prototypowej.

Myślą przewodnią tego podtematu była rekonstrukcja istniejących i produkowanych czujników strunowych typu SCCwp i SCK o większych zakresach pomiarowych w celu uzyskania czujników o najmniejszych zakresach pomiarowych tj.:

- czujnik strunowy do pomiaru ciśnienia SCCwp o zakresie od 0 do 50kPa /0,5 atn/,
- czujnik strunowy do pomiaru odchyżeń kątowych typu SCK o zakresie od 0 do $\pm 15'$ i rozdzielczości odpowiednio $1,5 \frac{\text{cm}}{1 \text{ Hz}}$ i $4,5 \frac{\text{st. sek.}}{1 \text{ Hz}}$.

2. BADANIA LABORATORYJNE I WZORCOWANIE MODELI CZUJNIKÓW

- STRUNOWYCH - TYPU SCCwp - 05 i
- TYPU SCK - 15

2.1. Cel pracy i sposób realizacji

Opracowanie, wykonanie i przeprowadzenie badań modeli miało na cel: sprawdzenie w praktyce koncepcji konstrukcyjnych dla uzyskania czujników omawianych typów o najmniejszych i zarazem możliwych do wykonania zakresach pomiarowych i jednocześnie najmniejszej rozdzielczości, dobrej jakości i wartości sygnałów pomiarowych, powtarzalności parametrów metrologicznych, zbadanie wpływu temperatury otoczenia na wskazania oraz wzorcowanie i obliczanie stałych pomiarowych. W przypadku czujnika typu SCCwp-05 w celu uzyskania zakresu pomiarowego $0 \pm 5^0 \text{kPa} / 0,5 \text{ atn/}$ i rozdzielczości rzędu 1 cm słupa wody oraz ominięcia bariery technicznej jaką jest wykonanie cienkościennej membrany stalowej o grubości 0,3 mm i średnicy ϕ 25 mm, skonstruowano

czujnik strunowy z dwoma elektromagnesami i skróconą do 40 mm struną o stałych drganiach i o 10-cio krotnie większym zakresie pomiarowym częstotliwości/2400Hz/ bez nadmiernego zwiększania odkształceń strun w czujnikach oraz bez potrzeby używania do mierzenia tej częstotliwości specjalnego miernika strunowego poza zwykłym, a nawet uproszczonym częstotściomierzem ogólnego przeznaczenia. Tę ostatnią zaletę uzyskano przez umieszczenie specjalnego, miniaturowego układu generatora /scalonego/ w bezpośredniej bliskości struny w czujniku.

W przypadku czujnika do pomiaru odchyłeń kątowych typu SCK-15 - dla uzyskania zmniejszonego zakresu pomiarowego wynoszącego $0 \pm 15'$ i rozdzielczości rzędu $\pm 5''$ wydłużono ramię wahadła do którego jest zamocowany jeden koniec skróconej /30 mm/ struny pomiarowej. Pociągnięto to co prawda wydłużenie obudowy czujnika jednak dla konstrukcji jego jest to bez znaczenia, jedynie nieco zwiększa się zużycie materiału.

2.2. Przedmiot pracy.

Badaniom poddano po dwa modele czujników

a/ strunowy czujnik do pomiaru ciśnienia wody

typu SECwp-05 - 2 szt. nr nr 154,157,

b/ strunowy czujnik do pomiaru odchyłeń kątowych

typu SCK-15 - 2 szt. nr nr 01,02.

2.3. Sprawdzenie sygnałów pomiarowych i prawidłowości mechanicznego wykonania czujników.

Sprawdzenia jakości sygnałów pomiarowych czujników SCCwp-05 podłączając czujniki bezpośrednio do częstotściomierzy

typu PFL-16 oraz typu C-549, stwierdzając dobrą powtarzalność

6

wskazań podstawowej /zerowej/ częstotliwości z błędem ± 1 Hz, co przy zakresie pomiarowym 2400 Hz stanowi błąd pomiaru poniżej 0,5 ‰. Jakość sygnału i jego amplitudę na wyjściu z czujnika sprawdzono na oscyloskopie - wynosi ona $\sim 10V$, co jest wartością tysiąc razy większą od wartości wymaganej przez Normę Zakładową ZAN-UJ - producenta czujników. Sprawdzenia sygnałów pomiarowych i ich amplitudy czujników SCK dokonano wykonując pomiary częstotliwości na miernikach SAM-10 oraz SMCL-10. Stwierdzono, że jakość i wartość sygnałów pomiarowych czujników SCK odpowiada również wymaganiom sformułowanym w Normie Zakładowej ZAN-UJ - producenta czujników.

2.4. Wzorcowanie czujników SCCwp-05 i SCK-15

Wzorcowanie czujników SCCwp-05 polegało na określeniu charakterystyki/zależności/ ciśnienia wody lub innego płynu wchodzącego na membranę czujnika w funkcji częstotliwości drgań struny pomiarowej rys.4554 Zsp.1 cz.8. Użyto do tego specjalnego urządzenia i manometru o wyższej dokładności.

Odczytów dokonywano na częstotliciomierzach PFL-16 i C-549.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach nr nr 1,2 oraz przedstawiono w sposób graficzny na wykresach nr nr 1,2.

Wzorcowanie czujników typu SCK-15 polegało również na określeniu charakterystyki /zależności/ odchylenia od pionu czujnika w funkcji częstotliwości drgań struny pomiarowej rys.4555 Zsp.1 /dok.3729 Zesp.1 ark.2 i Zesp.7 ark.6/.

Użyto do tego specjalnej sinuśnicy z płytkami, na której odchylano od pionu czujnik o wartość 5".

Odczytów dokonywano na miernikach strunowych typu SAM-10 i SMC-10.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach nr 3 i 4 oraz przedstawiono w sposób graficzny na wykresach nr nr 3 i 4. Obydwu wzorcowań dokonano w temperaturze $+ 20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Wszystkie wzorcowania przeprowadzono kilkakrotnie uzyskując dobrą powtarzalność wskazań.

Na podstawie otrzymanych wyników zliczono stałą pomiarowe czujników, które zamieszczone w tablicy nr 5.

Czujniki typu SCCwp-05 i SCK-15 uzyskały parametry metrologiczne zgodne z założeniami i wymaganiami Normy Zakładowej.

2.5. Badania wpływu temperatury otoczenia na wskazania czujników

Ze względu na brak możliwości technicznych /brak termostatu o dobrych parametrach z komorą, w której pomieszczono by czujnik SCK-15 wraz z sinuśnicą/ badania temperaturowe przeprowadzono jedynie dla czujników typu SCCwp-05.

Do badań użyto termostatu elektronicznego typu TUP-S z termometrem laboratoryjnym o I klasie dokładności oraz częstotliwościomierzy typu PFL-16 i Z-549 odczytując częstotliwości co 10°C z dokładnością $\pm 0,1$ Hz.

Wyniki badań przedstawiono w tablicy nr 6.

Współczynniki błędów temperaturowych zbadanych czujników wynoszą $0,25$ Hz/ 1°C co stanowi $0,016$ % zakresu pomiarowego. Jest to błąd niewielki. Błąd ten w znacznym stopniu jest eliminowany przez dokonywanie pomiarów częstotliwości odniesienia /zerowej/ w temperaturze, w której będą wykonywane pomiary.

Przy dużych wahaniami temperatury /kilkadziesiąt stopni/ można wprowadzić odpowiednie poprawki błędów temperaturowych.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI

Wykonana praca i przeprowadzone badania potwierdziły możliwość pomiaru ciśnienia wody i pomiaru odchyłań kątowych o bardzo małych okresach i rozdzielczości skonstruowanymi i wykonanymi czujnikami typu SCCwp-05 i SCK-15.

Modele czujników uzyskały parametry metrologiczne zgodne z wymaganiami użytkownika i wymaganiami Normy Zakładowej tj.:

- dla czujnika SCCwp-05 - zakres pomiarowy $0 \pm 50\text{kPa}$, rozdzielczość 2 cm/1Hz ,
- dla czujnika SCK-15 - zakres pomiarowy $\pm 15'$, rozdzielczość $5''$ z miernikiem SMC-10.

Niedokładność pomiaru dla obydwu czujników mieści się w 1% zakresów pomiarowych, co jest też zgodne z wymaganiami. Warty podkreślenia jest fakt, że przy realizacji tej pracy uzyskano nowy typ czujnika, typu SCCwp wielce przydatny do badań jak np. do badań i obserwacji opadów na obszarze całego kraju. Zapotrzebowanie na ten czujnik wg oświadczeń przyszłego użytkownika ocenia się na ponad 2500 szt.

Czujnik Nr.154

Tablica Nr. 1

Lp.	Ciężnienie obciąż. /MPa/	C ZĘ S T O T L I W O Ś Ć /Hz/			Uwagi
		CYKL I	CYKL II	CYKL III	
1.	0	4105	4105	4105	
2.	0,02	3874	3875	3875	
3.	0,04	3642	3643	3642	
4.	0,06	3410	3410	3410	
5.	0,08	3176	3176	3176	
6.	0,10	2941	2941	2942	
7.	0,12	2705	2706	2705	
8.	0,14	2468	2468	2468	
9.	0,16	2228	2228	2227	
10.	0,18	1986	1985	1986	
11.	0,20	1743	1742	1742	

C Z U J N I K NR 157

TABLICA NR.2

Lp.	Ciśnienie obciąż. /MPa/	C Z E S T O T L I W O Ś Ć w /Hz/			Uwagi
		CYKL I	CYKL II	CYKL III	
1.	0	4098	4098	4098	
2.	0,02	3865	3866	3865	
3.	0,04	3631	3631	3631	
4.	0,06	3397	3398	3397	
5.	0,08	3161	3161	3161	
6.	0,10	2923	2923	2923	
7.	0,12	2683	2682	2682	
8.	0,14	2441	2441	2441	
9.	0,16	2198	2198	2198	
10.	0,18	1955	1955	1955	
11.	0,20	1709	1709	1709	

PIAP Warszawa	Strunowe ozujniki typu SCCwp 0,5 i SCK-15	Strona
	Badania i wzorcowanie	Stron Nr 5430

TABLICA NR 3

OZUJNIK SCK-15 NR 01

Lp.	Odchylenie kątowe /rad/	C Z E S T O T L I W O Ś Ć /Hz/			Uwagi
		CYKL I	CYKL II	CYKL III	
1.	0	949,2	949,6	949,2	
2.	$5 \cdot 10^{-4}$	931,5	930,4	930,8	
3.	$10 \cdot 10^{-4}$	914,5	913	913,3	
4.	$15 \cdot 10^{-4}$	898,3	896,4	896,4	
5.	$20 \cdot 10^{-4}$	880,6	879,7	880,1	
6.	$25 \cdot 10^{-4}$	862,7	862,7	862,7	
7.	$30 \cdot 10^{-4}$	846,1	843,6	845,2	
8.	$35 \cdot 10^{-4}$	823,4	828,2	827,3	
9.	$40 \cdot 10^{-4}$	809	809	809,5	
10.	$45 \cdot 10^{-4}$	791,6	792,1	791,6	
11.	$50 \cdot 10^{-4}$	773,8	773,4	773,4	

P I A P Warszawa	Strunowe czujniki typu SCOWp 0,5 ± SGK-15	Strona
	Badania i wzorcowanie	Stron Nr 5430

O Z U J N I K S G K - 1 5 N R 0 2

TABLICA NR 4

Lp.	Odchylenie katowe /rad/	C Z S T O T L I W O Ś Ć /Hz/			Uwagi
		CYKL I	CYKL II	CYKL III	
1.	0	762,1	762,1	762,1	
2.	5 · 10 ⁻⁴	777	777,4	777	
3.	10 · 10 ⁻⁴	791	791	790,6	
4.	15 · 10 ⁻⁴	805	804,6	805	
5.	20 · 10 ⁻⁴	818,2	818,2	818,7	
6.	25 · 10 ⁻⁴	832,1	831,7	831,7	
7.	30 · 10 ⁻⁴	844,9	844,9	844,9	
8.	35 · 10 ⁻⁴	857,3	856,9	856,9	
9.	40 · 10 ⁻⁴	869,6	869,2	869,2	
10.	45 · 10 ⁻⁴	881	881	880,6	
11.	50 · 10 ⁻⁴	892,5	892,5	892,5	
12.	55 · 10 ⁻⁴	904,1	903,7	903,7	
13.	60 · 10 ⁻⁴	914,9	914,9	914,5	
14.	65 · 10 ⁻⁴	925,9	925,9	925,5	
15.	70 · 10 ⁻⁴	936,1	936,4	936,1	
16.	75 · 10 ⁻⁴	950,3	949,1	950,3	
17.	80 · 10 ⁻⁴	960,9	960,9	960,6	

Stażki pomiarowe

Tablica Jtr.5

Lp.	Typ czujnika i numer	Stażka pomiarowa
1.	SCCwp 0,5 154	$1,45 \cdot 10^{-8} \frac{\text{MPa}}{\text{Hz}^2}$
2.	SCCwp 0,5 157	$1,44 \cdot 10^{-8} \frac{\text{MPa}}{\text{Hz}^2}$
3.	SCK-15 Nr.1	$3,406 \cdot 10^{-3} \frac{1''}{\text{Hz}^2}$
4.	SCK-15 Nr.2	$4,83 \cdot 10^{-3} \frac{1''}{\text{Hz}^2}$

14

PIAP
Warszawa

Strunowe czujniki typu SCCwp 0,5 i BCK-15

Strona

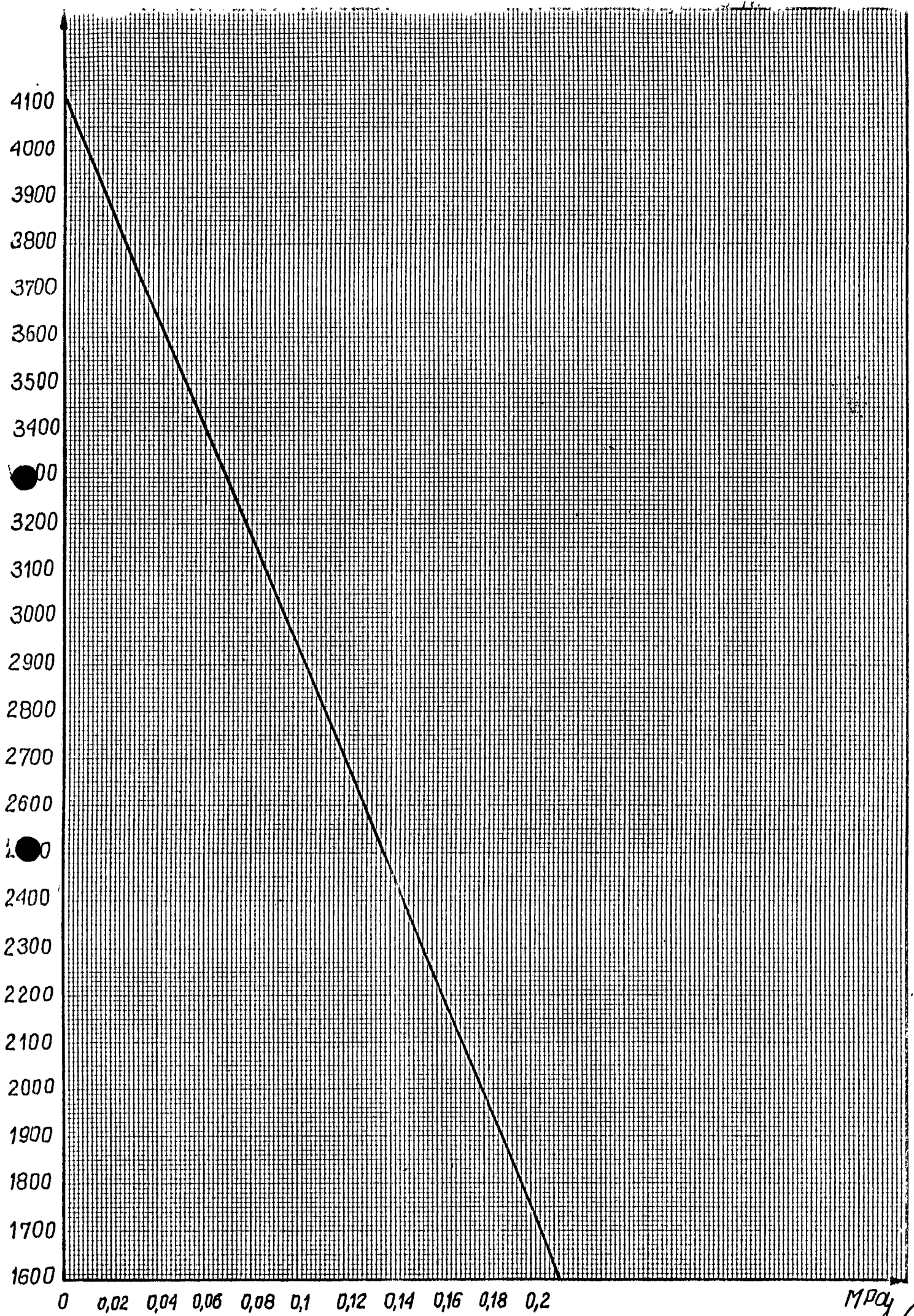
Stron

Nr 5430

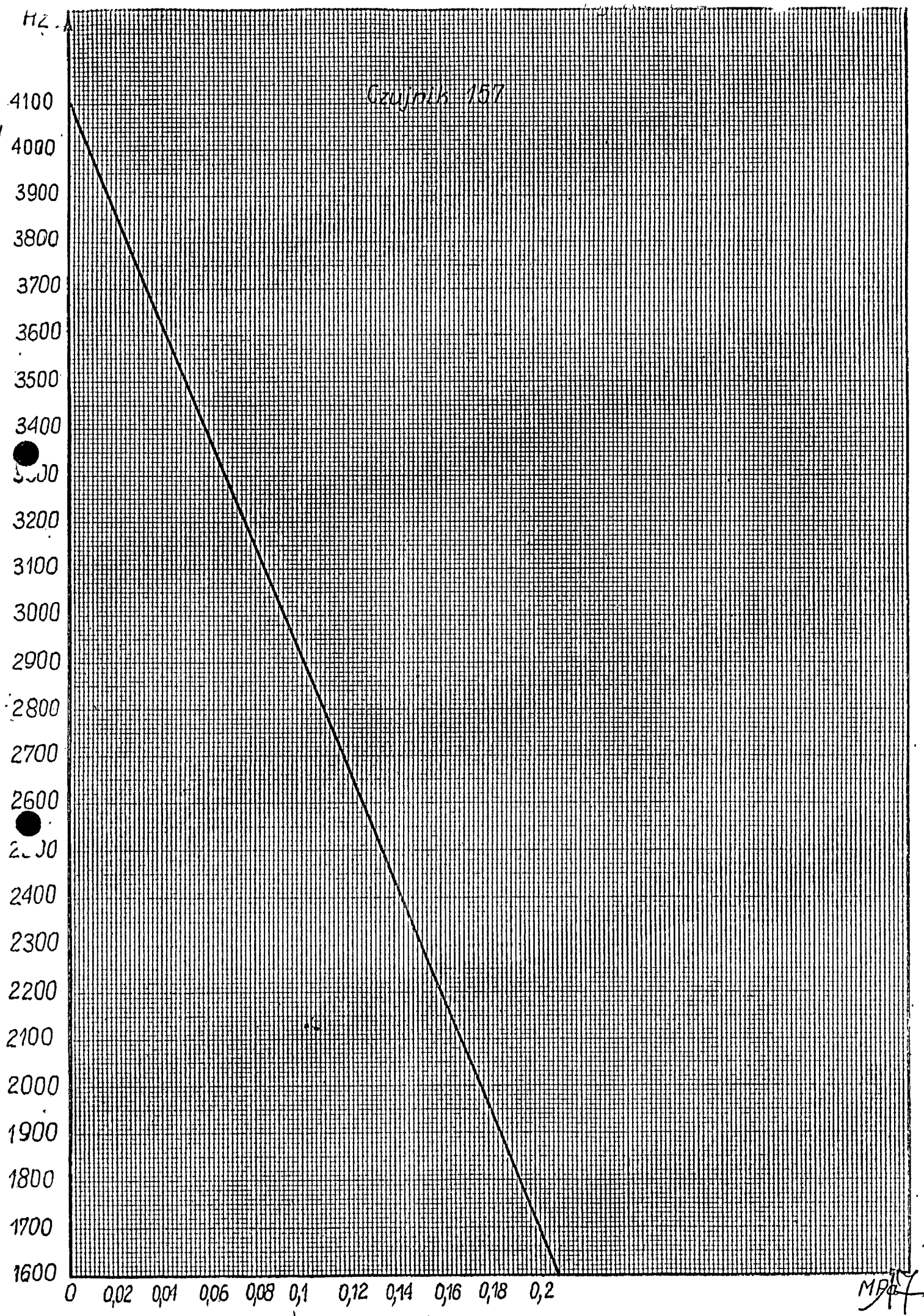
Tablica Nr.6

Badania temperaturowe czujników SCCwp 0,5

Lp.	Numer czujnika	T E M P E R A T U R A					UWAGI
		31°C	41°C	51°C	60°C	70°C	
1.	154	4097	4104	4112	4115	4117	
2.	157	4091	4099	4103	4105	4107	



MPa 16



Hz

Ozujalk Nr 01

950

900

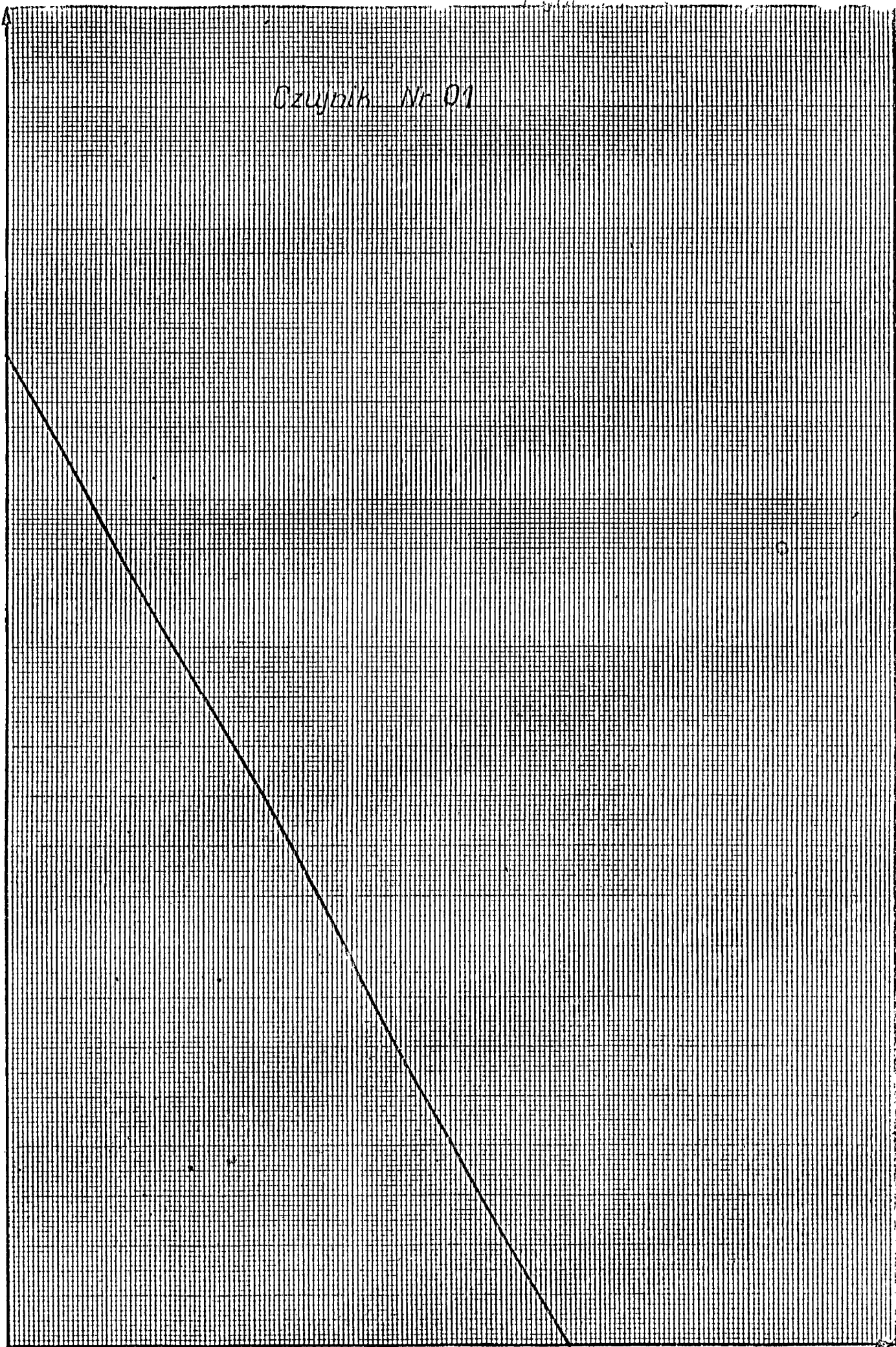
850

800

750

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 / 50

10^{-4} *AB*



Wykres Nr 4

Gzujnik Nr 02

