

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

OŚRODEK AUTOMATYKI MECHANICZNEJ

442 Pracownia Regulatorów Bezpośredniego Działania BE 40

Główny wykonawca mgr inż. Barbara Omylińska *plys*

Wykonawcy : R.Brzeski, J.Jabłkowski, B.Omylińska, I.Popławski,
M.Siwik, A.Staszewski, T.Żywiakowski

Konsultant dr inż. Andrzej Serwaoh

Nr zlecenia

1035

Cel wdrożeniowy nr 4.4. pt.
"Regulator temperatury ciepłej wody
użytkowej"

P-kt kontrolny nr 2 pt. "Wykonanie
i wyniki badań laboratoryjnych modeli
użytkowych armatury stabilizującej
dla regulatorów c.w.u."

Zleceniodawca OBRC-SPEC

Pracę rozpoczęto dnia 04.1986

Kierownik Pracowni

plys
mgr inż. B. Omylińska

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

plys
dr inż. T. Gałazka

zakończono dnia 11.1986

Kierownik Ośrodka

plys
mgr inż. J. Jorczak

Praca zawiera:

stron 59

rysunków

fotografii

tabel

tablic

załączników 2

Nr rejestr.

5697

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 OBRC-SPEC

Egz. 3 OBRC-SPEC

Egz. 4 OBRC-SPEC

Egz. 5 OBRC-SPEC

Egz. 6 OBRC-SPEC

Egz. 7 MERA-PIAP-OAM

Analiza deskrypcyjowa ARMATURA + TEMPERATURA + REGULACJA + BADANIA

Analiza dokumentacyjna Sprawozdanie zawiera opis i wnioski wynikłe z badań laboratoryjnych modeli użytkowych stabilizatorów do regulatorów temperatury bezpośredniego działania w węzłach ciepłej wody użytkowej.

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD

PIAP-252/83-6000

SPIS TRESCI

STRONA

1. Wstęp	3
2. Geneza tematu	4
3. Istota armatury stabilizacyjnej	6
4. Modele użytkowe stabilizatorów	9
5. Badania laboratoryjne modeli stabilizatorów	9
6. Wnioski z badań laboratoryjnych	16
7. Modele użytkowe przygotowane do badań eksploatacyjnych	17
8. Uwaga końcowa	19
9. Bibliografia	20
Tabele	21 ÷ 22
Wykresy	23 ÷ 47
Rysunki	48 ÷ 59
Załącznik 1. Stabilność układów automatycznej regulacji temperatury w węzłach ciepłej wody użytkowej	
Załącznik 2. Rysunki konstrukcyjne.	

1. Wstęp

W niniejszym opracowaniu zawarto wyniki realizacji 2-go punktu kontrolnego celu wdrożeniowego nr 4.4. pt. "Regulator temperatury ciepłej wody użytkowej".

Temat finansowany jest z funduszu Centralnego Planu Badawczo-Rozwojowego 5.1., z kierunku 4.

Do chwili obecnej umowa pomiędzy OBRC-SPEC, a MERA-PIAP jest w trakcie zawierania. Pracę wykonano na podstawie pism zlecających OBRC-SPEC /znak NBXN/879/86 z dnia 16.04.1986r. i NP/R/CPBR/P/164/86 z dn.19.07.1986r.

Przedmiotem punktu kontrolnego Nr 2 jest zgodnie z Kartą Programową wykonanie modeli użytkowych stabilizatorów dla regulatorów temperatury ciepłej wody użytkowej oraz wykonanie badań laboratoryjnych tych stabilizatorów. Praca ma na celu uzyskanie modeli użytkowych stabilizatorów poprawiających warunki pracy regulatorów temperatury bezpośredniego działania w obwodach węzłów c.w.u. z wysokowydajnymi wymiennikami.

W opracowaniu zamieszczono krótkie omówienie genezy tematu, jako że był on już wcześniej rozpoczęty, zamieszczono rysunki zestawieniowe wykonanych modeli m użytkowych stabilizatorów oraz wyniki badań laboratoryjnych. Dokumentacja szkicowa dla stabilizatorów ujęta jest w odrębnym załączniku.

W załączniku zamieszczono również opracowanie konsultanta pracy z ramienia OBRC, w którym wyjaśnia on szczegółowo problemy stabilności układów automatycznej regulacji temperatury w węzłach ciepłej wody użytkowej.

2. Geneza tematu.

Wprowadzenie do eksploatacji w obiegach ciepłej wody użytkowej wysokowydajnych wymienników przepływowych wywołało zupełnie nowy problem - problem stabilności obwodu regulacji temperatury. Ujawnił się on w postaci nagłego wzrostu ilości uszkodzeń stosowanych powszechnie w obwodzie regulacji regulatorów temperatury bezpośredniego działania.

Wkrótce dzięki analizie teoretycznej popartej badaniami symulacyjnymi w MERA-PIAP wyjaśniono przyczyny tego zjawiska /1/. Przeprowadzono również eksperyment symulacyjny dla porównania zalet i wad jakie mają miejsce przy stosowaniu w obwodzie regulacji temperatury ciepłej wody użytkowej z wymiennikami typu JAD-D regulatorów proporcjonalnych, krokowych PI i impulsowych.

Najbardziej niekorzystne rezultaty uzyskano przy stosowaniu regulatorów proporcjonalnych o typowych parametrach /zakres proporcjonalności i stała czasowa/ jakie posiadają używane regulatory bezpośredniego działania. Znacznie lepsze efekty uzyskano z pozostałymi regulatorami, ale mówiąc najbardziej skrótowo układ z regulatorem PI jest bardzo

wrażliwy na odchylenia wartości parametrów dynamicznych /zakres proporcjonalności i czas zdwojenia/, a układ z regulatorem impulsowym wymaga znacznego spowolnienia /krótki czas trwania impulsu, długi okres impulsowania/.

Układy regulacji są bardzo czułe na dobór nastaw i jest to kolejny kłopot, albowiem parametry dynamiczne regulatora dobiera się jednorazowo i wówczas należy je dobierać dla ekstremalnych warunków pracy tzn dla warunków gdy wymiennik ma największe wzmocnienie /najwyższa temperatura w obwodzie pierwotnym i najniższy /przepływ w obwodzie wtórnym/. Trzeba tu mieć na uwadze, że w każdym innych warunkach /poza ekstremalnymi/ układ będzie odpowiadał wolniej niż to by być mogło, a warunki ekstremalne nie trwają długo /styczeń, luty/.

Wymienione wyżej cechy ustalone na podstawie eksperymentów symulacyjnych znalazły potwierdzenie w badaniach prowadzonych na obiektach między innymi w Warszawie, Poznaniu, Lublinie.

Pomijając kłopoty związane z doбором najwłaściwszego typu regulatora elektronicznego, następnie dobrania właściwych nastaw należy zwrócić uwagę na inne bardzo ważne aspekty:

1. aktualnie prawie wszystkie węzły ciepłej wody użytkowej są wyposażone w regulatory bezpośredniego działania typu MERTIK lub BTO i nie sposób zastąpić ich nagle regulatorami elektronicznymi,

2. regulatory bezpośredniego działania są tańsze, nie wymagają fachowej obsługi w eksploatacji, są ~~niekiedy~~ pewniejsze w działaniu choćby ze względu na mniejszą ilość elementów jaka może ulegać awarii, łatwo są dostępne na rynku.

Z tej przyczyny w ramach celu wdrożeniowego 4.4 pt.

"Regulator temperatury ciepłej wody użytkowej" podjęte zostały działania dwutorowe. Jednym z nich jest opracowanie armatury, która spowodowałaby ustabilizowanie układu regulacji temperatury w węzłach wymiennikowych c.w.u., gdzie na II stopniu stosowane są regulatory bezpośredniego działania w dotychczasowych wykonaniach tzn. z zakresem proporcjonalności /zależnie od średnicy regulatora/ $5 \pm 10^{\circ}\text{C}$ i stałą czasową rzędu $30+60\text{s}$.

Drugi kierunek polega na opracowaniu nowych odmian czujników do krajowych regulatorów bezpośredniego działania. Czujników o małym czasie opóźnienia, przy jednoczesnej dużej stałej czasowej.

3. Istota armatury stabilizowanej.

Na podstawie przeprowadzonych w MERA-PIAP eksperymentów symulacyjnych /2/ /3/ stwierdzone zostało, że istotną poprawę pracy regulatorów proporcjonalnych można osiągnąć jeżeli w obwodzie regulacji wydłuży się stałą czasową inercji sygnału temperatury, pod warunkiem, że nie wydłuży się opóźnienia transportowego tego sygnału.

W oparciu o ten wniosek na zlecenie OBRC wykonano w MERA-PIAP najpierw modele laboratoryjne, a następnie jeden model użytkowy, którego działanie sprawdzane zostało wstępnie w węźle zasobnikowym c.w.u. przy ul. Czumy 2 w Warszawie, w okresie od stycznia do czerwca br.

Wyniki tych prób ujęte są w /4/.

Stabilizator jest swoistego rodzaju kolektorem dla zamontowania czujnika regulatora bezpośredniego działania. Obecnie jak wiadomo czujnik umieszcza się w kolektorze tak aby cała jego powierzchnia była omywana wodą opuszczającą wymiennik II-go stopnia.

Stabilizator jest urządzeniem montowanym bezpośrednio za kolektorem i w nim umieszcza się czujnik tak aby tylko część powierzchni była omywana płynącym strumieniem wody. Pozostała powierzchnia czujnika znajduje się w drugiej części komory stabilizatora, w której nie ma przepływu wody.

Pierwotnie przewidywano potrzebę zastosowania niewielkiego przepływu wody przez drugą część komory, ale próby przeprowadzone w warunkach eksploatacji wykazały, że możliwe jest zrezygnowanie z tego wymogu.

Dotychczasowe prace z tego zakresu finansowane były ze środków Stołecznego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej. SPEC niezmiernie ostrożnie podchodzi do wszelkich nowych rozwiązań wprowadzanych do eksploatacji, mając na uwadze straty jakie Przedsiębiorstwo ponosiło z tytułu zastosowania

nie sprawdzonych wszechstronnie urządzeń. Dodatkowym zaleceniem SPEC-u jest unikanie w stosowanych rozwiązaniach wszelkich elementów regulacji dostępnych z zewnątrz.

Wiadomo również, że należy dążyć do zastosowania urządzeń o zminimalizowanym zużyciu materiału.

Aby sprostać tym wymogom przystąpiono do prac, w wyniku których można będzie określić ostateczną postać stabilizatora, a przede wszystkim jego pojemności, rodzaj i użytkowanie przegrody.

Bardzo ważnym aspektem będzie też sprawdzenie przydatności stabilizatorów w węzłach ciepłej wody użytkowej bezzasobnikowych, bowiem istnieje uzasadniona obawa, że kolejne zasadnicze posunięcie dotyczące schematu technologicznego węzła - usunięcie zasobników spotęguje kłopoty z działaniem regulatorów temperatury.

Zagadnienie to szczegółowo, a przystępnie omówione jest w referacie dr inż. A. Serwacha pt.: "Stabilność układów automatycznej regulacji temperatury w węzłach ciepłej wody użytkowej", wygłoszonym na sympozjum zorganizowanym przez PZITS w Lublinie w listopadzie br.

Ze względu na to, że referat nie został jeszcze opublikowany w materiałach seminaryjnych, za zgodą konsultanta pracy został dołączony do niniejszego opracowania.

4. Modele użytkowe stabilizatorów.

Aby wypełnić przytoczone wyżej zadania punktu kontrolnego nr 2 wykonano:

1. model uniwersalny stabilizatora z dwoma przyłączami o średnicy 122 mm i pojemności $V = 4,0 \text{ dm}^3$.
Model wykonano tak, aby można było wymieniać w nim przegrodę i zmieniać miejsce jej usytuowania wzdłuż wysokości stabilizatora,
2. model stabilizatora również o średnicy 122 mm i pojemności $V = 4,0 \text{ dm}^3$, ale bez przegrody i z wpuszczonymi do wewnątrz króćcami.

Te dwa modele oraz pra-model stabilizatora o średnicy 202 mm i pojemności $V = 10,8 \text{ dm}^3$ poddano badaniom laboratoryjnym porównawczym w różnych konfiguracjach.

5. Badania laboratoryjne modeli stabilizatorów.

Dla przeprowadzenia badań OBRC udostępniło swoje stanowisko badawcze.

Przeprowadzono dwa rodzaje badań:

1. badanie charakterystyki dynamicznej czujnika regulatora temperatury umieszczonego w stabilizatorze
2. wprowadzenie zachowania się regulatora temperatury bezpośredniego działania, którego czujnik umieszczony był w stabilizatorze.

Aby wyniki otrzymane z pomiarów można było właściwie interpretować do badań laboratoryjnych włączono pra-model stabilizatora, tzn model, który był sprawdzony w warunkach eksploatacyjnych i wyniki sprawdzenia uznane były za pozytywne / 4 /.

Na wstępie badań zdjęto charakterystykę statyczną $h = f/t$ czujnika temperatury regulatora f-my MERTIK, który był używany w dalszych badaniach. Charakterystykę tę pokazano na rys.1. Zdjęto też charakterystykę dynamiczną tego czujnika $h = f/\tau$ / pokazaną na wykresie 1. Na podstawie tej charakterystyki określono stałą czasową czujnika, która wynosi $\sim 55s$.

Badanie wg p_ktu 1 przeprowadzono w układzie stanowiska pokazanym na rys.2. Wymiennik typu IAD-D zasilałny był wodą sieciową. W obiegu wtórnym, tuż za wymiennikiem umieszczony był badany stabilizator, a w nim czujnik regulatora MERTIK. Część wykonawcza czujnika zamocowana była w specjalnym uchwycie, który zapewniał obciążenie trzpienia wykonawczego czujnika. Trzpień wykonawczy sprężnięty był z czujnikiem przesunięcia liniowego. Przemieszczenie trzpienia poprzez czujnik i mostek f-my Hottinger przekazywane było na rejestrator typu x-y f-my Brayans i rejestrowane w funkcji czasu. Przed wejściem do stabilizatora mierzona była temperatura wody opuszczającej wymiennik.

M

Temperaturę mierzono termometrem laboratoryjnym, rtęciowym, celem wyeliminowania błędu spowodowanego bezwładnością termometru oporowego. Wskazania termometru oporowego z rtęciowym porównywano w stanach ustalonych.

Przebieg badań był następujący:

przez obieg wtórny, przy ~~wkręślan~~ odciętym zasilaniu obwodu pierwotnego krążyła woda wodociągowa. W sposób możliwie najszybszy otwierano dopływ wody do wymiennika po stronie pierwotnej. Następował gwałtowny - prawie skokowy wzrost temperatury wody w obiegu wtórnym, trzpień wykonawczy czujnika temperatury zaczynał się wysuwać, a jego przemieszczenie rejestrowano. Zaworem odcinającym w obwodzie pierwotnym manewrowano tak, aby przy każdym pomiarze uzyskać maksymalnie zbliżony skok temperatury w obwodzie wtórnym.

Ten rodzaj badania pozwolił na określenie "stałych czasowych" czujnika MERTIK umieszczonego w stabilizatorze. - przy różnych wartościach natężenia przepływu wody wodociągowej w obiegu wtórnym. Użyto tu cudzysłowu, bowiem stała czasowa odnosi się do badania przeprowadzonego przy skokowej zmianie zakłócenia, co jest nie do zrealizowania w układzie zbliżonym do układu normalnego węzła cieplnego.

Ten rodzaj badania wykonano dla różnych konfiguracji modeli stabilizatorów, wynikających z rodzaju zastosowanej przegrody, ilości przegród, miejsca ich usytuowania i pozawienia stabilizatora przegrody. Badania wykonano dla modeli z czujnikiem usytuowanym od góry i od dołu.

Dla lepszego zobrazowania przebadanych konfiguracji pokazano je na rys.3.

Na wykresach 2-12 pokazano przykładowo przebiegi z rejestratora x-y, gdzie naniesiono również rzeczywiste przebiegi narastania temperatury w obwodzie wtórnym.

Temperatura odczytywana była "w biegu" z termometru rtęciowego.

Na rys. 4 pokazano zestawienie wyników badań tej próby.

Na osi rzędnych podany jest czas po którym trzpień wykonawczy czujnika regulatora umieszczonego w badanym stabilizatorze wykonuje 0,632 pełnego skoku jaki byłby wykonany przy zastosowanym wymuszeniu temperaturowym.

Wartość pełnego skoku określono na podstawie uprzednio pomierzonej charakterystyki statycznej. Na osi odciętych podana jest wartość natężenia przepływu przez obwód wtórny wymiennika JAD-D.

Na podstawie przeprowadzonych badań jest widoczne, iż można uzyskać zbliżone efekty "spowolnionego" działania czujnika w stabilizatorze o mniejszej pojemności niż prototyp, czyli w stabilizatorze ~~mniejszą pojemnością niż~~ gabarytowo, oraz, że stosowanie przegród zdecydowanie sprzyja "spowolnieniu" czujnika.

Ważne jest i należy dążyć do tego aby wyniki osiągnięte przy różnym usytuowaniu stabilizatora /czujnikiem do góry lub do dołu/ nie odbiegały od siebie w sposób znaczący.

Gdyby ten warunek okazał się trudny do spełnienia, wówczas należy w eksploatacji ściśle przestrzegać zaleconego sposobu montażu.

Po zakończeniu tego cyklu badań sprawdzane zachowanie się zaworu regulatora temperatury, którego czujnik znajdował się w stabilizatorze.

Badania przeprowadzono w układzie stanowiska wg rys.5. W obiegu pierwotnym wymiennika IAD-D zainstalowano zawór regulatora temperatury typu MERTIK, którego maksymalny skok ograniczono do 5 mm, tzn. do wartości skoku dla regulatorów o średnicy 25 mm. Czujnik zaworu umieszczono w stabilizatorze znajdującym się bezpośrednio za wymiennikiem w obwodzie wtórnym.

Oba obwody wymiennika wyposażone były w przepływomierze typu "waga prądowa". W obwodzie pierwotnym rejestrowano zmiany przepływu, a w obwodzie wtórnym przepływomierz służył do zadawania żądanej wartości przepływu.

Temperatura wody w obiegu wtórnym na wejściu do stabilizatora była mierzona termometrem oporowym i rejestrowana w funkcji czasu.

Badania wykonano dla stabilizatorów wg rodzaju i konfiguracji pokazanych na rysunku 6.

Podobnie jak w poprzedniej serii badań próbom poddano również pra-model.

Badanie polegało na skokowej zmianie wartości przepływu w obwodzie wtórnym i obserwacji jak na zakłócenie reaguje

zawór regulatora.

Reakcja zaworu regulatora uwidoczniła się w sposób dwój-
jaki: zmianą wielkości przepływu wody sieciowej w obiegu
pierwotnym i wywołaną tym zmianą temperatury za wymien-
nikiem w obiegu wtórnym. Przy czym nie są tu ważne wartości
liczbowe przepływu i temperatury, a sam charakter zmian
i czas po jakim pojawia się nowy stan ustalony.

Na wartość rejestrowanych parametrów ma wpływ kilka zmien-
nych w czasie badań parametrów, których zmiany w ~~istnie-~~
istniejącym stanowisku nie można wyeliminować.

Są to:

- temperatura i ciśnienie wody sieciowej
- temperatura wody wodociągowej

Badania wszystkich konfiguracji przeprowadzono w zbliżonych
warunkach w sezonie letnim przy temperaturach wody siecio-
wej 64-80°C. Aby uzyskać maksymalną różnicę pomiędzy tempe-
raturami w obu obwodach badania prowadzono przy nastawie
regulatora 30÷40°C.

Przykładowe przebiegi z rejestracji pokazano na wykresach
13 + 25

Wyniki pomiarów ujęto w tabeli 1.

Przeprowadzone badania bardzo wyraźnie uwidoczniły, że dzia-
łanie stabilizatora jest wrażliwe na wartość natężenia prze-
pływu w obwodzie wtórnym.

Jeżeli idzie się w kierunku stosowania stabilizatora przy
którym cykl graniczny w działaniu zaworu wystąpi przy

minimalnym przepływie przez obwód wtórny to stabilizator ten przy dużych natężeniach przepływu będzie nadmiernie spowalniał działanie regulatora. Ma to szczególne znaczenie w obwodach c.w.u. bezzasobnikowych. Wydaje się więc, że stosowanie w takich obwodach stabilizatorów o przelotowych przyłączach, czyli sytuowanie ich szeregowo z wymiennikiem nie da zadowalających rezultatów. Natomiast można się spodziewać pozytywnych efektów jeżeli stabilizator będzie usytuowany w obwodzie mieszania /propozycja OBRC - rys.3 załącznika/, a zatem będzie wyposażony w trzy króćce przyłączeniowe.

Na podstawie badań zachowania się zaworu regulatora trzeba stwierdzić, że najprawdopodobniej nie będzie można zrezygnować ze stosowania przegrody w stabilizatorze.

Próba wyeliminowania przegrody poprzez "wpuszczenie" króćców do wewnątrz stabilizatora /rys.8/ nie dała efektów zbliżonych do pra-modelu. Cykl graniczny w pracy zaworu pojawił się już przy stosunkowo dużym natężeniu przepływu przez obwód wtórny /do 2,9 m³/h/. Stabilizator wykazał największą wrażliwość na wartość natężenia przepływu przez obwód wtórny.

6. Wnioski z badań laboratoryjnych

Na podstawie przeprowadzonych badań nasuwają się następujące wnioski:

- 1/ istnieje możliwość zmniejszenia pojemności, a tym samym gabarytów stabilizatora w stosunku do pojemności pra-modelu.
- 2/ Usunięcie przegrody ze stabilizatora zdecydowanie pogarsza efekty jego stosowania,
- 3/ rodzajem i miejscem usytuowania przegrody można wpłynąć na funkcjonalność stabilizatora.
Jego "stałą czasową" można zmieniać kilkakrotnie,
- 4/ ostateczny wybór przegrody i miejsce jej usytuowania nastąpi po badaniach w węzłach cieplnych podczas występowania wysokich i niskich wartości temperatury wody sieciowej,
- 5/ dla skutecznego działania stabilizatora niezbędny jest "minimalny przepływ cyrkulacyjny". Ocenia się, że dolna granica tego przepływu wynosić będzie nie mniej niż $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ w przypadku wymiennika JAD-D i zbliżonego do niego parametrami JAD-3/18.
W odniesieniu do wymienników wyższej mocy np. JAD-6/50 ten minimalny wymagany przepływ musi być rzecz jasna odpowiednio większy.
- 6/ sposób usytuowania stabilizatora w węźle /ozujnikiem do górny lub do dołu/ ma wpływ na proces wymiany ciepła.

Sytuowanie stabilizatora czujnikiem do dołu spowalnia jego działanie.

- 7/ efekt działania stabilizatora jest w dużym stopniu zależny od wartości natężenia przepływu, dlatego stabilizatory o króćcach przelotowych nie rokują osiągnięcia pozytywnych wyników z ich zastosowania w węzłach bezzasobnikowych,
- 8/ należy wykonać i przebadania w warunkach eksploatacyjnych modele stabilizatorów z trzema przyłączami dla węzłów bezzasobnikowych,
- 9/ przydatność stabilizatorów z dwoma przyłączami należy sprawdzić w węzłach zasobnikowych i bezzasobnikowych klasycznych, ~~w węzłach zasobnikowych~~ a stabilizatorów z trzema przyłączami w węzłach bezzasobnikowych z pompą mieszająco-cyrkulacyjną.

7. Modele użytkowe przygotowane do badań eksploatacyjnych.

Wyżej wymienione wnioski oraz względy konstrukcyjne były podstawą do decyzji o wykonanie następującej partii stabilizatorów do zbadania efektu ich działania w warunkach normalnej eksploatacji:

- stabilizator 155-2 - o średnicy 155 mm, o pojemności $V = 6,5 \text{ dm}^3$ z dwoma przyłączami /rys. 9/
- stabilizator 94-2 - o średnicy 94 mm, o pojemności $V = 2,4 \text{ dm}^3$, z dwoma przyłączami /rys. 10/

- stabilizator 155-3 - o średnicy 155 mm, o pojemności $V = 6,5 \text{ dm}^3$ z trzema przyłączami /rys. 11/
- stabilizator 122-3 - o średnicy 122 mm, o pojemności $V = 4,0 \text{ dm}^3$ z trzema przyłączami /rys.12/

Wszystkie w/w stabilizatory wyposażone są w zawory odpowietrzające, w przegrody pełne i z otworami, których usytuowanie może być zmieniane w czasie badań.

Do badań w eksploatacji przeznaczony jest też model stabilizatora, którego badania laboratoryjne opisano w tym sprawozdaniu tzn.:

- stabilizator 122-2 - o średnicy 122 mm, o pojemności $V = 4,0 \text{ dm}^3$ z dwoma przyłączami i wymiennymi przegrodami /rys.7/.

Stabilizator o średnicy 122 mm o pojemności $V = 4,0 \text{ dm}^3$ z dwoma przyłączami, o króćcach "wpuszczonych", bez przegrody /rys.8/ wykonany został tak aby również mógł być przebadany w warunkach normalnej eksploatacji.

Badania takie uważa się za celowe mimo tego iż badania laboratoryjne wykazały gorsze efekty z jego stosowania.

Konstrukcyjnie stabilizator jest prostszy, dlatego dopiero wyniki badań eksploatacyjnych powinny zdecydować o ewentualnym wykluczeniu takiego rozwiązania.

Jeżeli czas i planowane na badania eksploatacyjne koszty pozwolą zaleca się więc przeprowadzenie badań również i tego stabilizatora.

Wykonanie stabilizatorów o średnicy mniejszej niż zbliżonej do 94 mm jest już raczej niemożliwe /średnica czujnika, średnice przyłącz /.

Stabilizator o średnicy 122 mm w badaniach laboratoryjnych zachowywał się poprawnie, z czego można wnosić, że będzie działał poprawnie w warunkach eksploatacji. Stabilizator o średnicy 155 mm wykonano z płaszcza wymiennika JAD-6/50

Modele użytkowe stabilizatorów zostały przekazane do badań eksploatacyjnych do OBRC 11-go listopada 1986r. przy piśmie OAM/H-3/386/86.

8. Uwaga końcowa

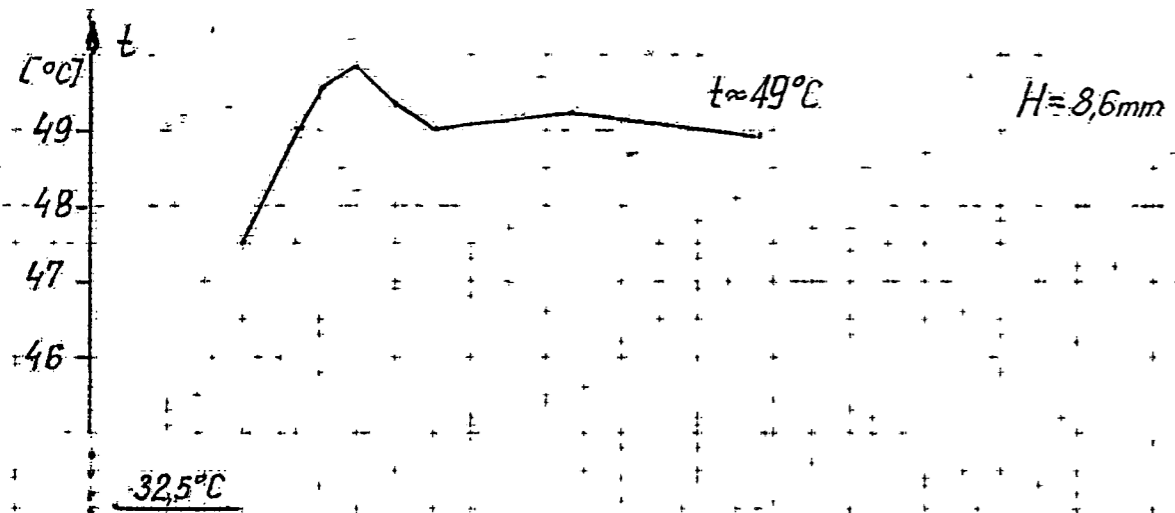
Ze względu na to, że obecnie rozpowszechnione jest przez Przedsiębiorstwo Wdrażania ~~i Upowszechniania Postępu~~ i Upowszechniania Postępu Technicznego i Organizacyjnego - POSTEOR stosowanie w miejsce zasobników zbiorników o mniejszej pojemności /300 dm³/, zwanych stabilizatorami proponuje się w dalszych pracach przyjąć nazwę "komora stabilizacyjna" dla urządzeń które są przedmiotem niniejszego opracowania, i które do tej pory zwane były również stabilizatorami.

9. Bibliografia

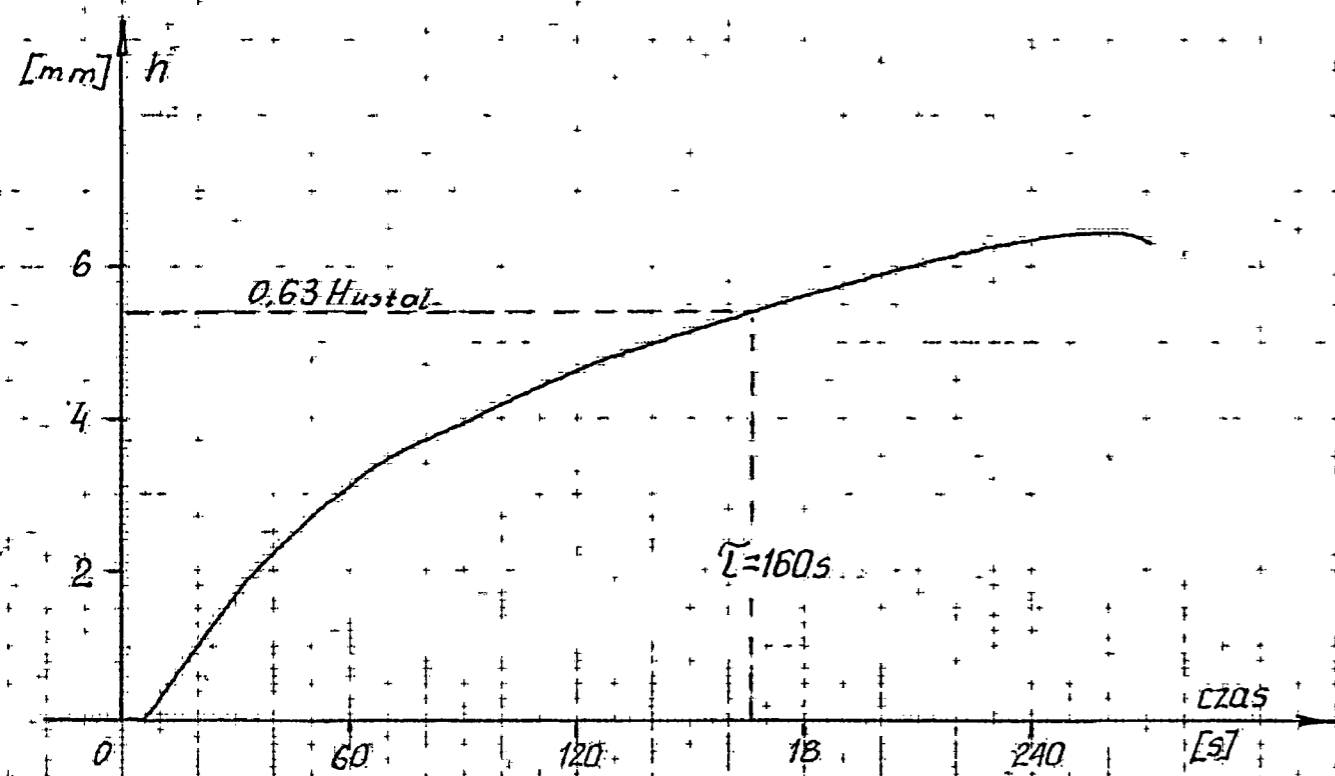
- /1/ A.Serwach, S.Frydliński, B.Omylińska: "Niektóre problemy automatycznej regulacji temperatury w wymiennikach ciepła". Biuletyn MERA-PIAP nr 3/89, 1981r.
- /2/ J.Jabłkowski i inni: "Badania symulacyjne zakresu i rodzaju stosowania środków automatycznej regulacji... Etap 5. Automatyzacja węzłów w aspekcie energetycznym. Ogólne wnioski wynikające z badań symulacyjnych poligonów...." Sprawozdanie MERA-PIAP nr rej.5336, listopad 1984r.
- /3/ J.Jabłkowski i inni: "Badania symulacyjne zakresu i rodzaju stosowania środków automatycznej regulacji.... Etap 6. Badania symulacyjne procesów szybkozmiennych w węźle zautomatyzowanym. Kryteria jakości pracy węzłów zautomatyzowanych", Sprawozdanie MERA-PIAP nr rej. 5227, maj 1984r.
- /4/ J.Gawęda: "Badania eksploatacyjne stabilizatora temperatury regulatora ciepłej wody". Sprawozdanie OBRC nr ewid. 216/85/B, nr arch. 1387/86, maj 1986r.

Tabela 1 zestawienie parametrów mierzonych podczas badania działania zaworu regulatora temperatury firmy MERTIK, którego czujnik umieszczony był w różnych konfiguracjach stabilizatora.

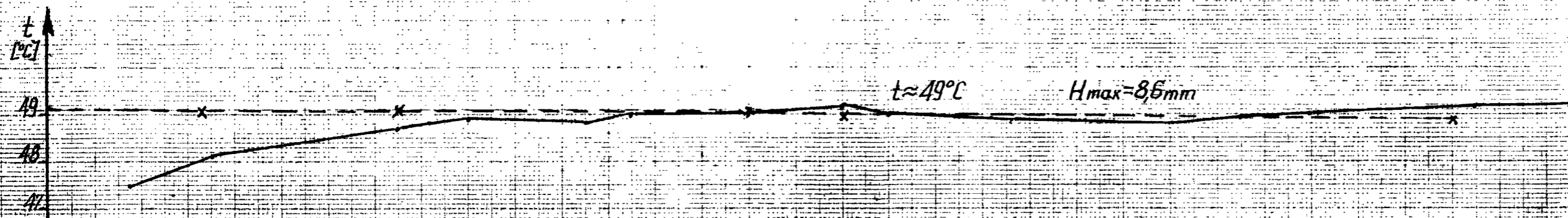
L.p.	Oznaczenie stabilizatora	Przepływ w obwodzie wtórnym Q_i	Temp. wyjściowa wody w obiegu wtórnym		Czas ustalania temp. t _{uz}	Przepływ wody w obwodzie pierwotnym Q_{su}	Temp. wody sieciowej zasilającej t _{zs}	Uwagi
			wartość ekstrem. t _{ize}	wartość ustalonej t _{izu}				
-	-	m ³ /h	°C	°C	s	m ³ /h	°C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1a	6,0	33,5	33,0	240	3,7	64,5	Q _{su} o wartości ustalonej, ale poza zakr. pomiarowym przepływomierza
2		3,0	42,0	37,5	240	2,5	64,0	
3		2,5	46,5	38,5	420	1,5	64,0	
4		1,8	50,5	39,0	540	n. ust. poza zakr.	64,5	
5		0,6	61,5	29,5 ÷ 40,5	cykl. gr.	0 ÷ 1,4	68,2	
6		0,95	-	31,0 ÷ 38,5	cykl. gr.	0 ÷ 1,4	68,0	
7		1,45	-	36,5 ÷ 39,5	cykl. gr.	poza zakresem.	68,0	
8		1,75	-	39,0	270	n. ustal. poza zakr.	68,2	
1	1b	1,5	56	48 po	900	małże b. ponoli	69,8	po 900s wartość t _{izu} nie jest jeszcze ustalona
2		6,0	34	35,5	210	3,4	69,3	
3		3,0	42,5	37,5	1080	2,1	69,3	
4		1,5	42,0	40,0	540	poza zakresem	pojawia się cykl gasnący, ust. po 540s	
1	2a	5,0	42,5	41,0	360	2,4	76,6	pojawia się cykl graniczny o rosnącej amplit.
2		3,0	45,0	42,5	450	1,4	76,6	
3		1,5	44,0	43,5	450	poza zakres.	76,6	
4		0,95	47,0	37,5 - 42,0	cykl. gr.	- " - "	77,0	
5		1,95	-	43,0	270	n. ust. poza zakr.	77,0	
6		1,60	44,0	43,5	270	n. ust. poza zakr.	77,0	
7		0,70	-	-	cykl. gr.	poza zakr.	77,0	
1	2b	7,0	35,5	38,5	180	3,0	76,8	wartość t _{izu} narasta ponoli bez preregul.
2		6,0	-	39,0	90	2,9	76,6	
3		4,8	-	40,5	90	2,4	76,6	
4		3,6	43,5	42,5	180	1,8	76,6	
5		2,9	43,5	43,0	180	1,4	76,6	
6		2,0	44,5	43,5	180	n. ust. poza zakr.	76,6	
7		0,3	67,0	44,5 ÷ 53,5	cykl. gr.	0 ÷ 1,85	76,6	
8		5,0	40,5	41,0	300	2,4	76,6	
9		1,5	44,5	43,0	210	n. ust. poza zakr.	76,4	
1	3a	6,0	43,0	40,0	210	2,9	74,6	cykl w zakresie b. małych otwarć
2		5,0	-	41,5	60	2,5	74,6	
3		2,8	44,0	42,5	60	1,5	75,0	
4		1,4	46,5	cykl gasnący	-	przepł. nie wykazał	75,0	
5		1,0	-	43,0 ÷ 45,0	cykl. gr.	poza zakr. przep.	75,0	
6		1,55	-	43,5	120	n. ust. poza zakr.	75,2	
1	3b	6,0	-	40,0	90	3,0	74,7	pojawia się cykl graniczny, ust. po 180s cykl graniczny na granicy otwarcia.
2		5,0	-	42,0	60	2,6	75,0	
3		3,0	45,5	44,5	90	1,6	75,4	
4		1,5	48,5	47,0	180	n. ust. poza zakr.	75,5	
5		1,2	-	46,5 ÷ 48,5	cykl. gr.	poza zakr.	75,4	
6		0,8	-	cykl rosnący	-	0 ÷ 1,7	75,4	
1	4a	5,0	-	41,5	180	2,5	76,8	cykl graniczny ponoli wyflumiał się
2		3,0	43,5	42,0	180	1,4	74,0	
3		1,8	45,0	38,5 ÷ 43,5	cykl. gr.	0 ÷ 1,5	75,0	
4		2,5	-	43,0	270	n. ust. poza zakr.	75,0	
1	4b	6,0	-	40,0	240	3,0	74,0	cykl graniczny ponoli wyflumiał się
2		5,0	-	41,0	120	2,5	73,7	
3		2,7	43,0	42,5	240	1,3	73,7	
4		1,8	-	42,5 ÷ 45,5	cykl. gr.	0 ÷ 1,5	74,0	
5		2,55	-	43,5	300	n. ust. poza zakr.	74,0	



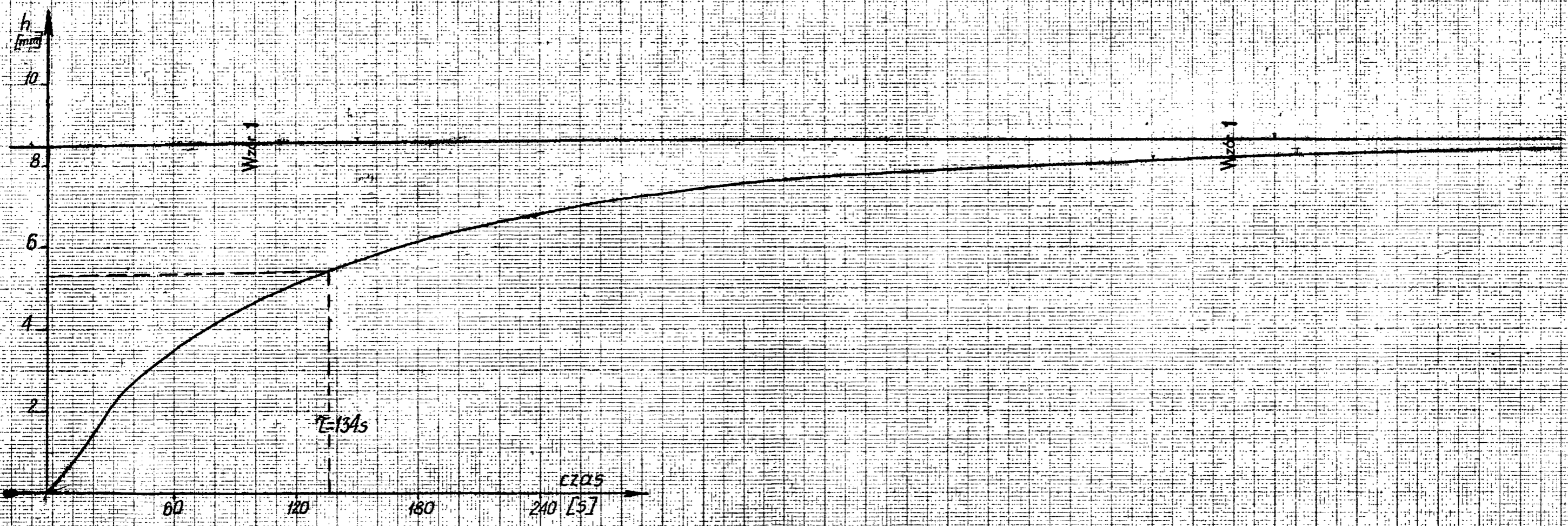
Wykres 2. Charakterystyka dynamiczna czujnika temperatury umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 1a. Natężenie przepływu w obwodzie wtórnym $Q_i = 2,5\text{m}^3/\text{h}$

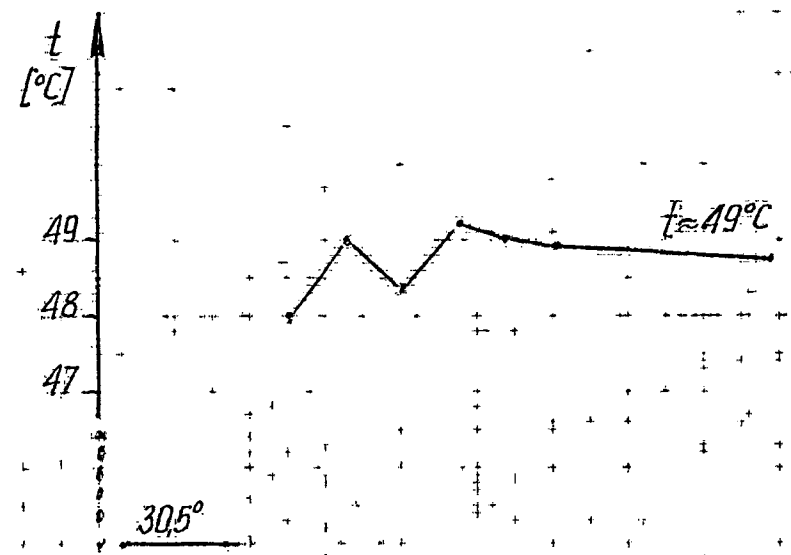


Wzrost



Wykres 3 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 1a
 $Q_i = 3 \text{ m}^3/\text{h}$

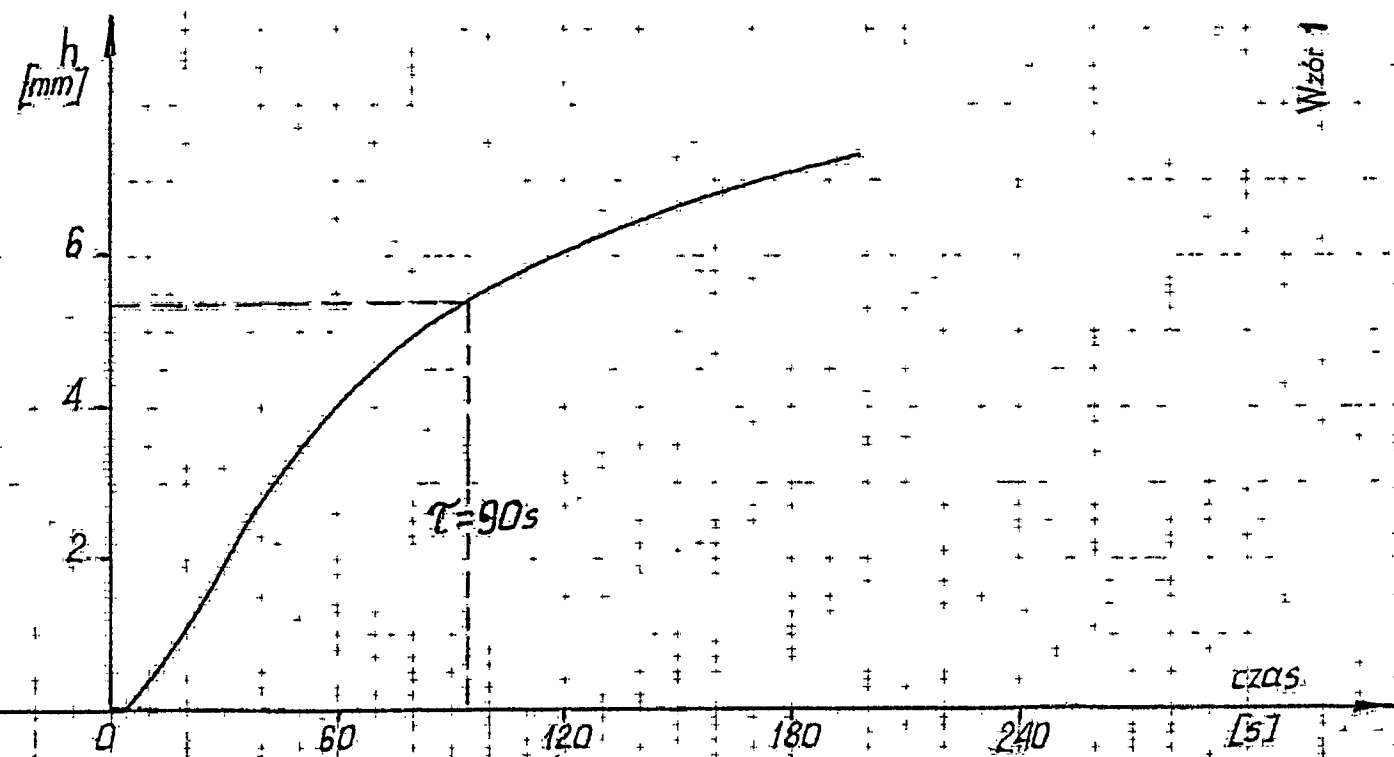


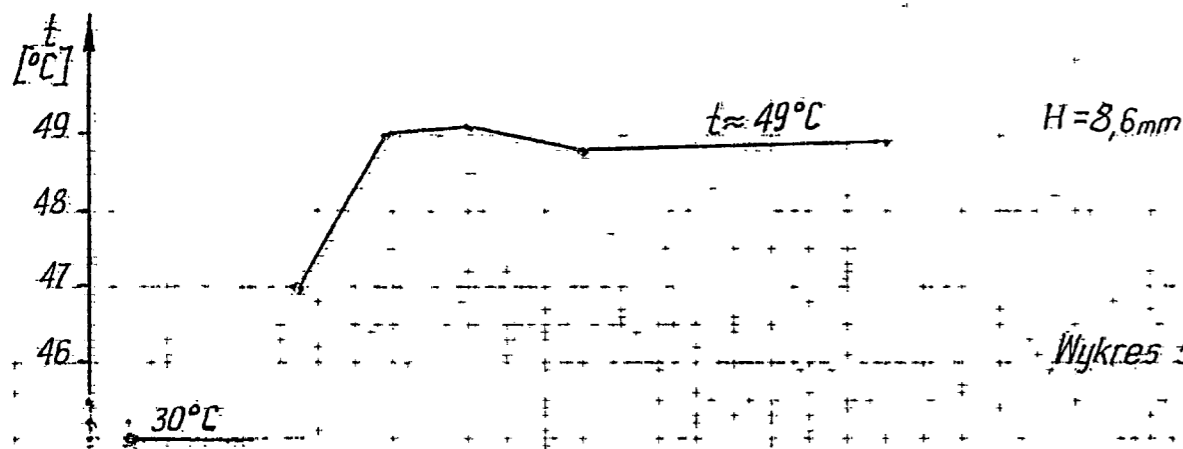


$H = 8,5\text{mm}$

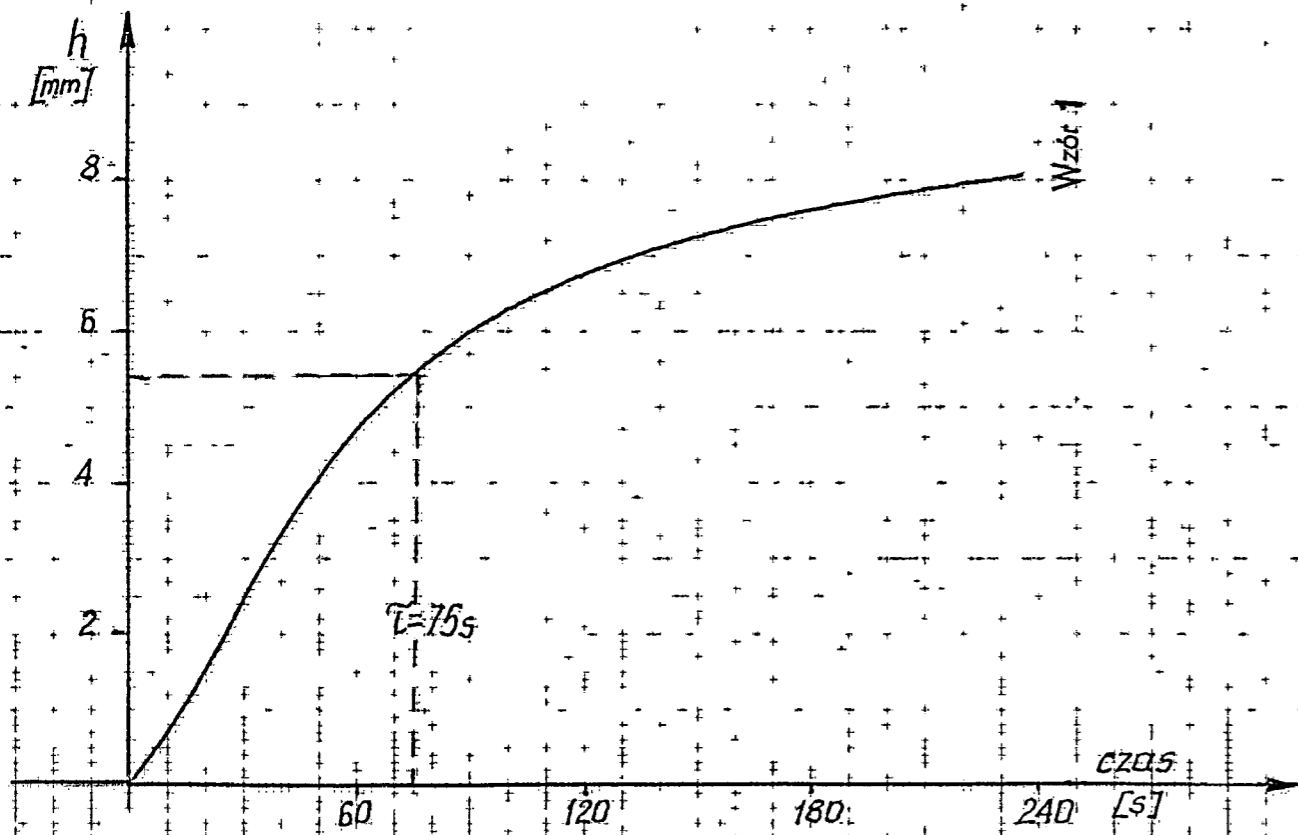
Wykres 4 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 1a
 $Q_i = 5\text{m}^3/\text{h}$

Wzór 1

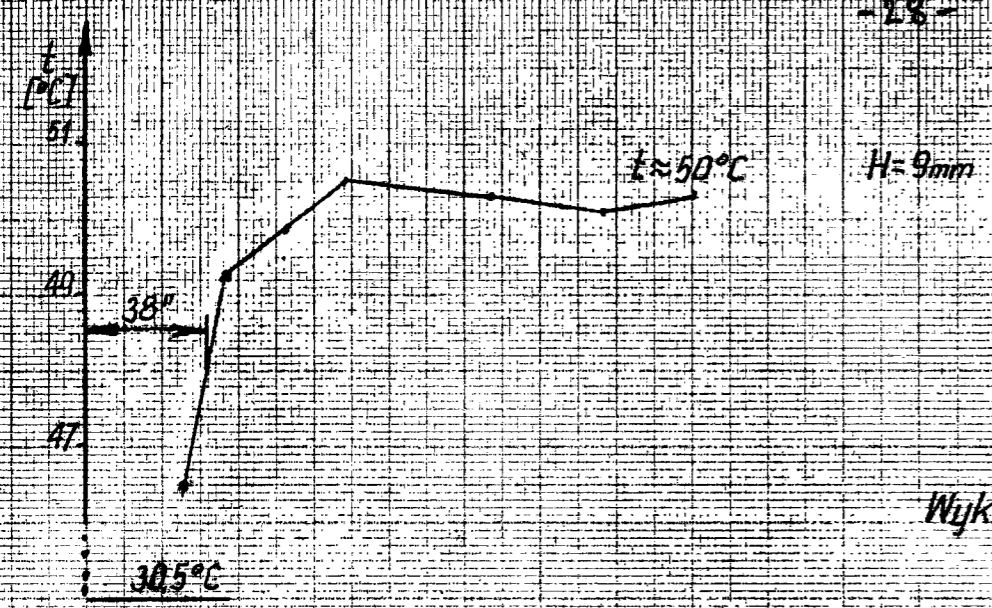




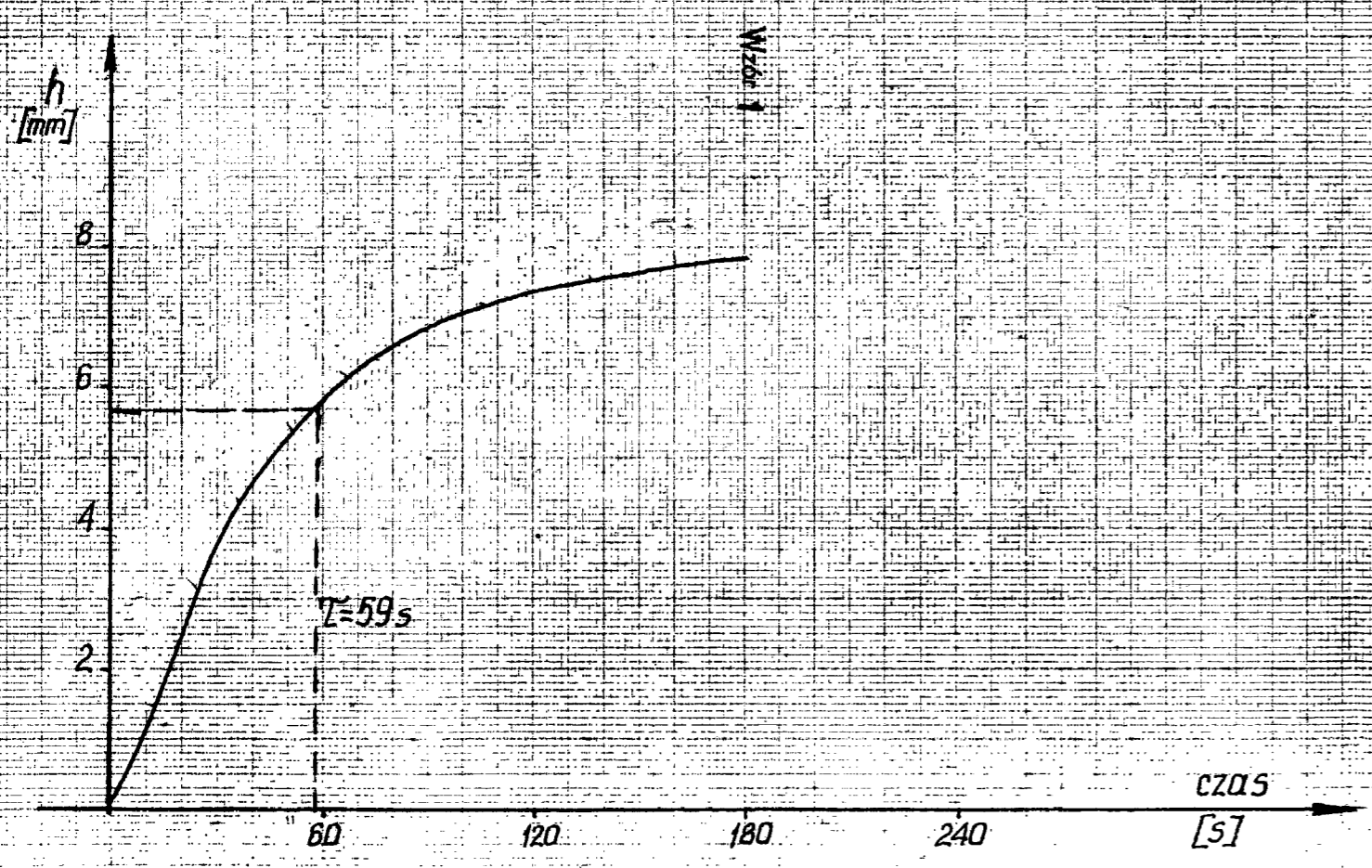
Wykres 5 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 1a
 $Q_i = 8\text{ m}^3/\text{h}$

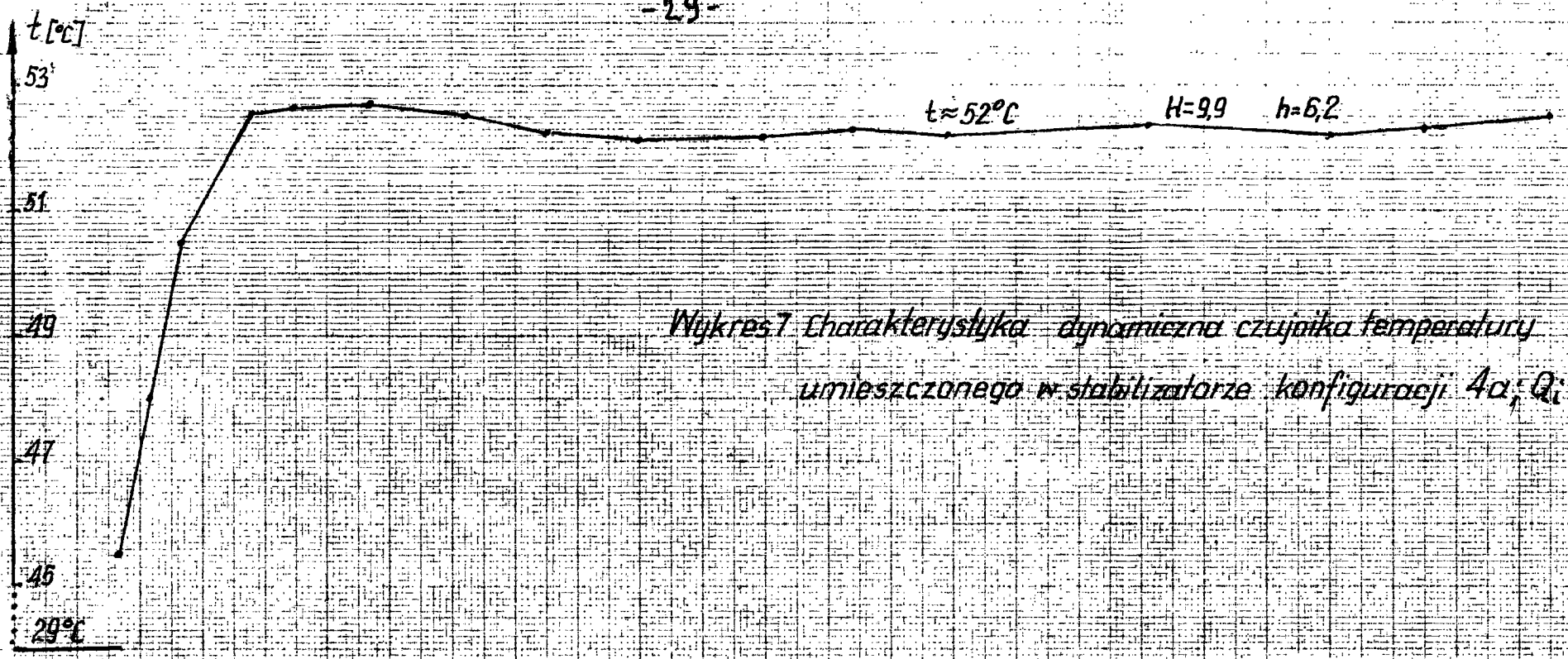


Wzrost

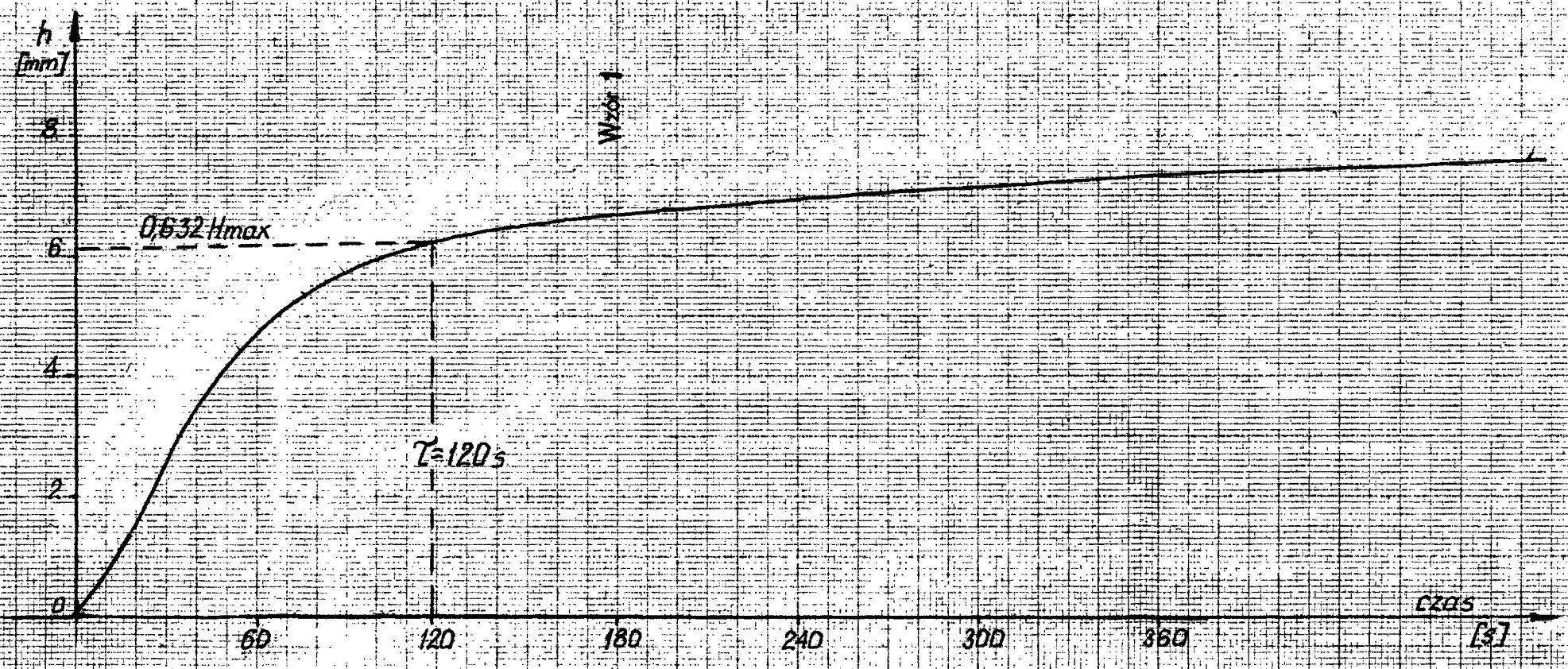


Wykres 6 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp. umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 4a $Q_{st}=3,2\text{m}^3/\text{h}$

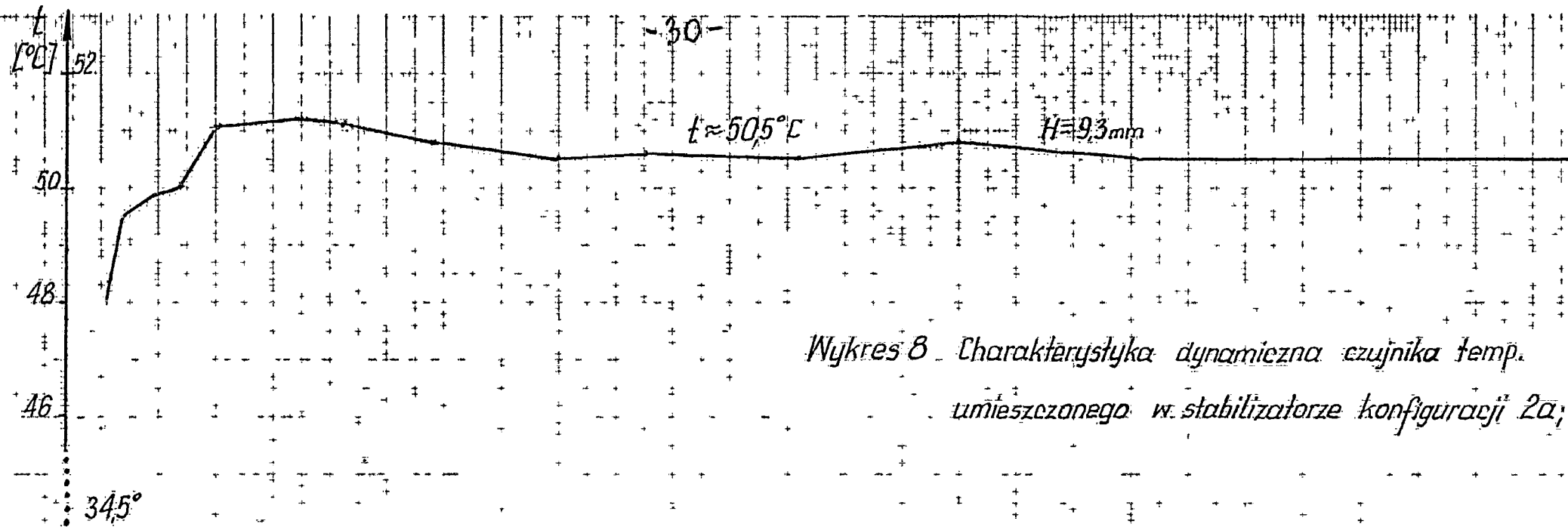




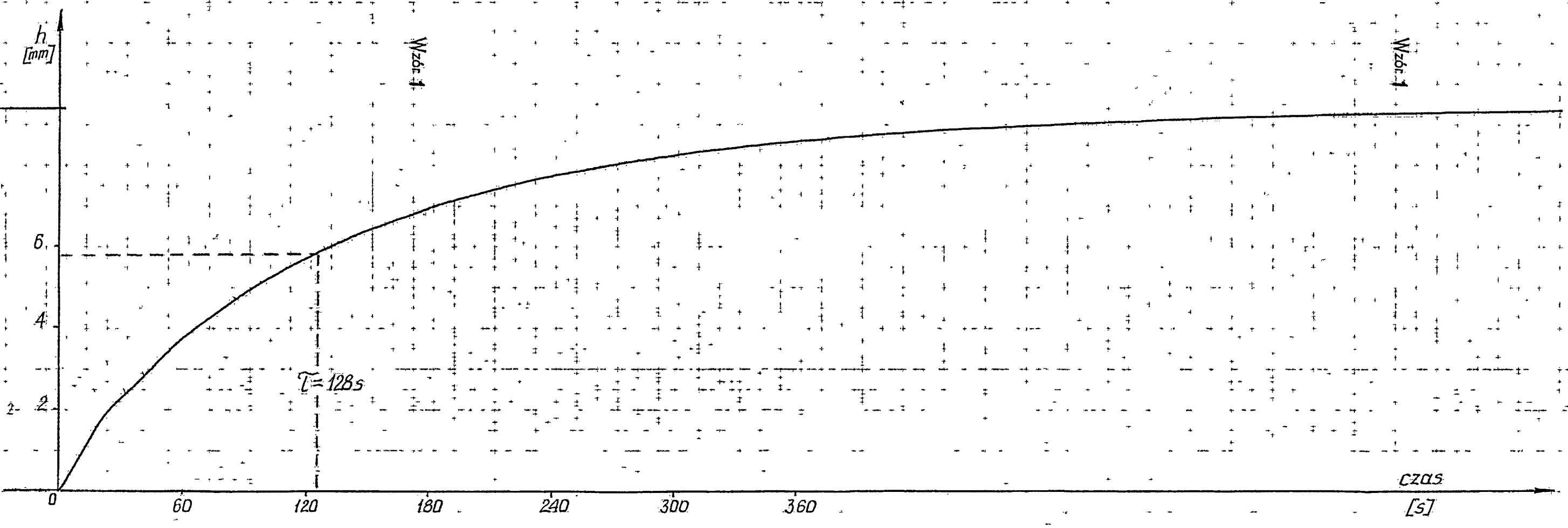
Wykres 7 Charakterystyka dynamiczna czujnika temperatury umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 4a; $Q_i = 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$

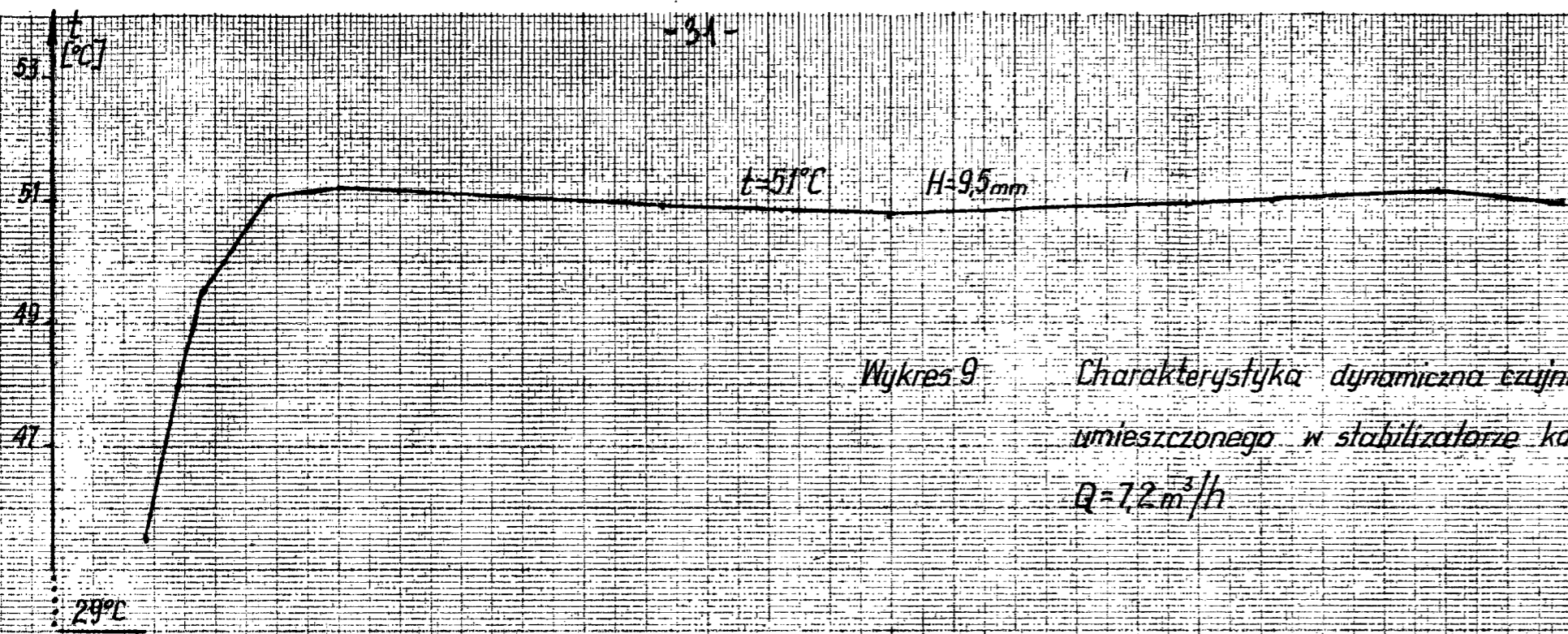


Wzrost 1

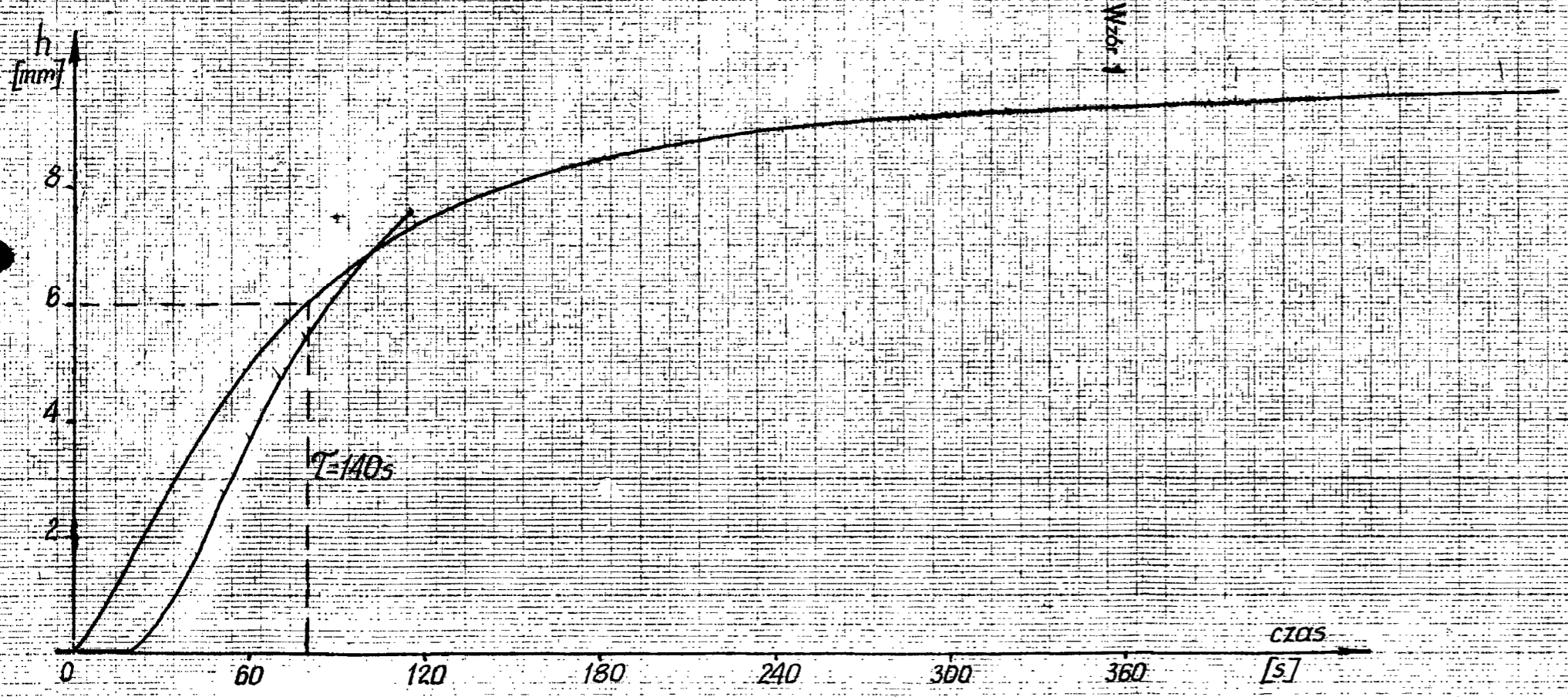


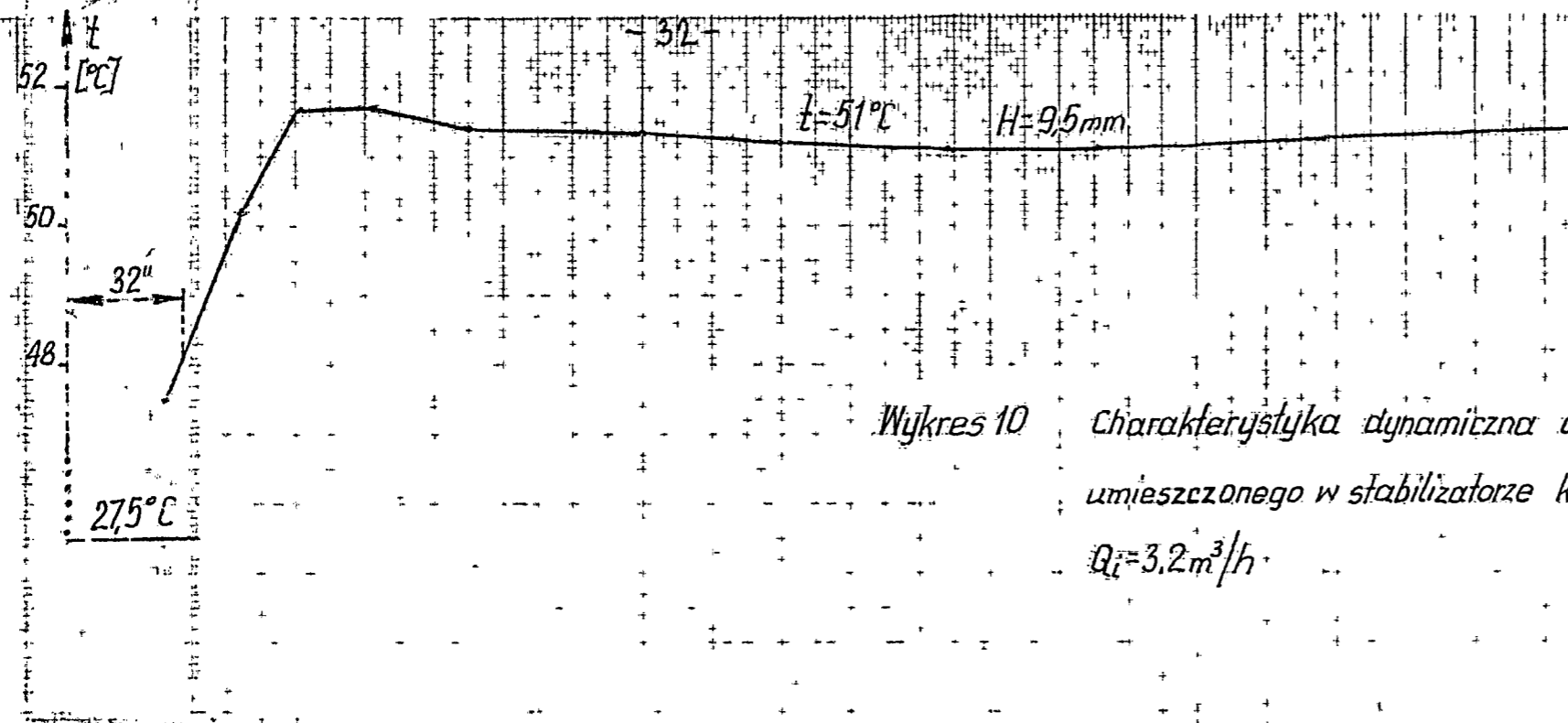
Wykres B. Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
 umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 2a; $Q = 3,2 \text{ m}^3/\text{h}$



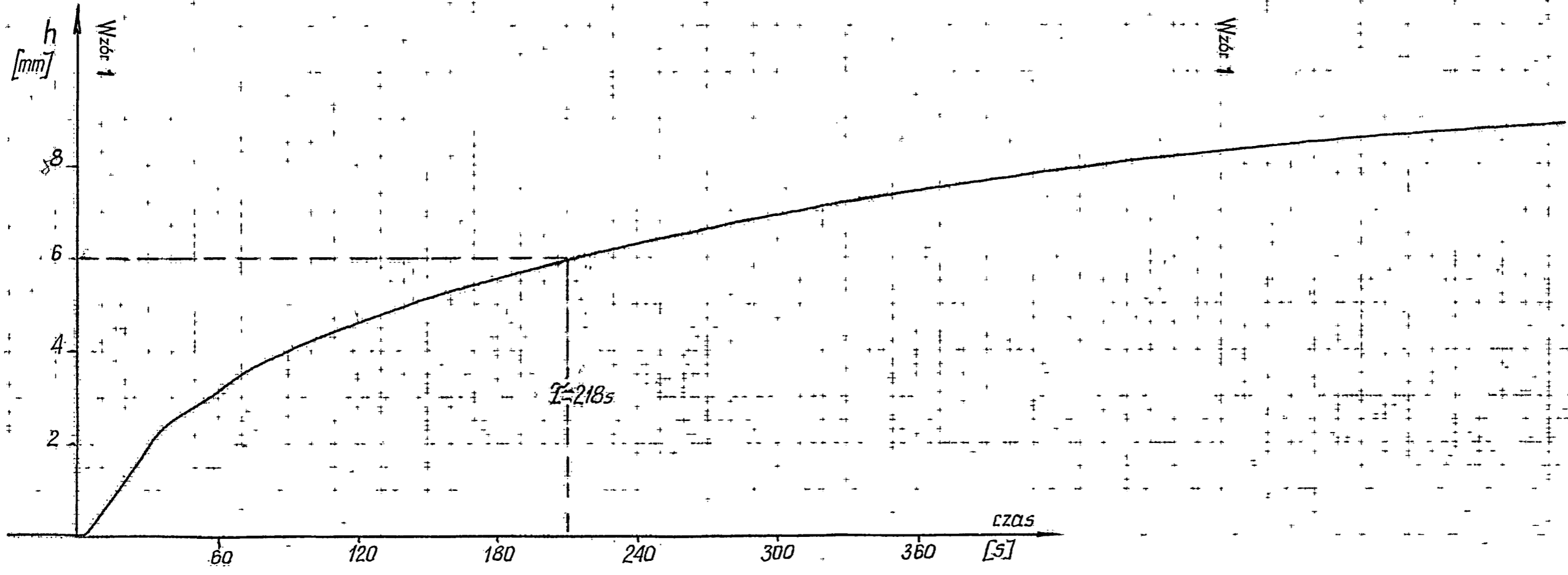


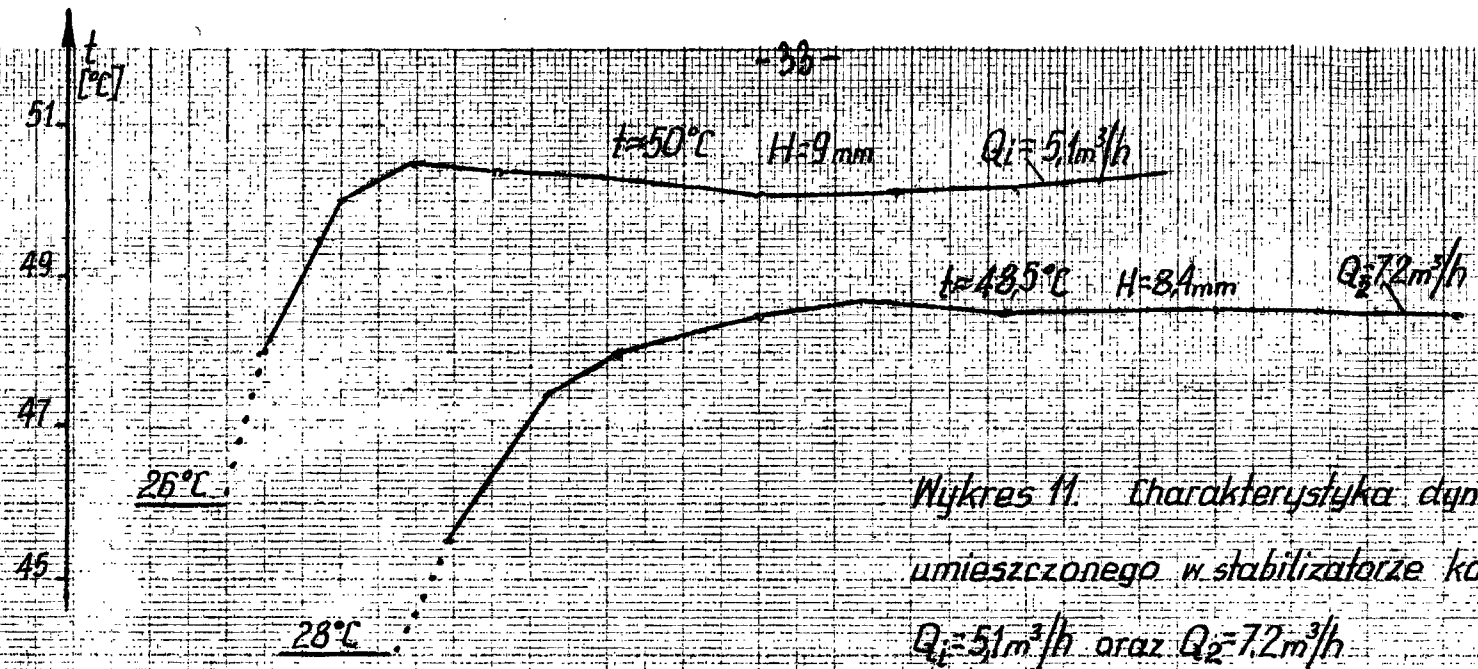
Wykres 9 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp. umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 2a $Q=7,2\text{m}^3/\text{h}$



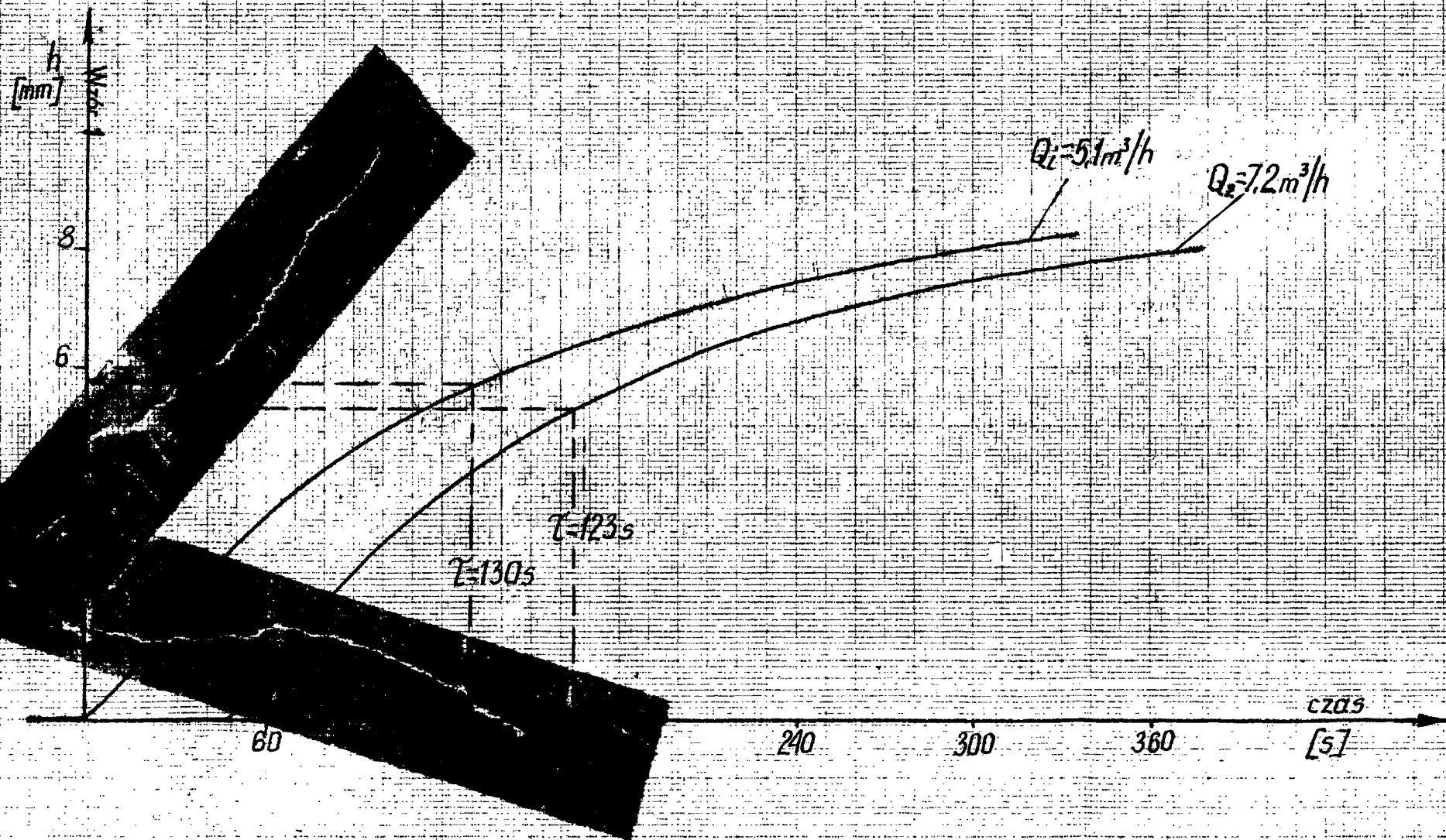


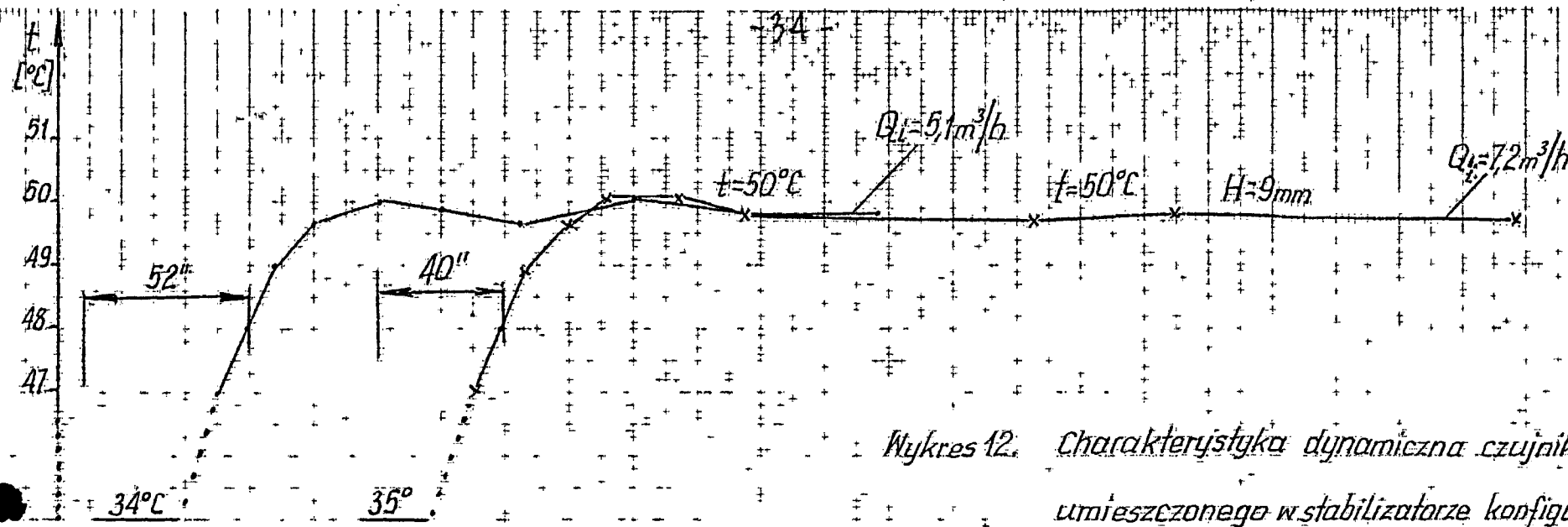
Wykres 10 Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
 umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 6a
 $Q_i = 3.2\text{m}^3/h$



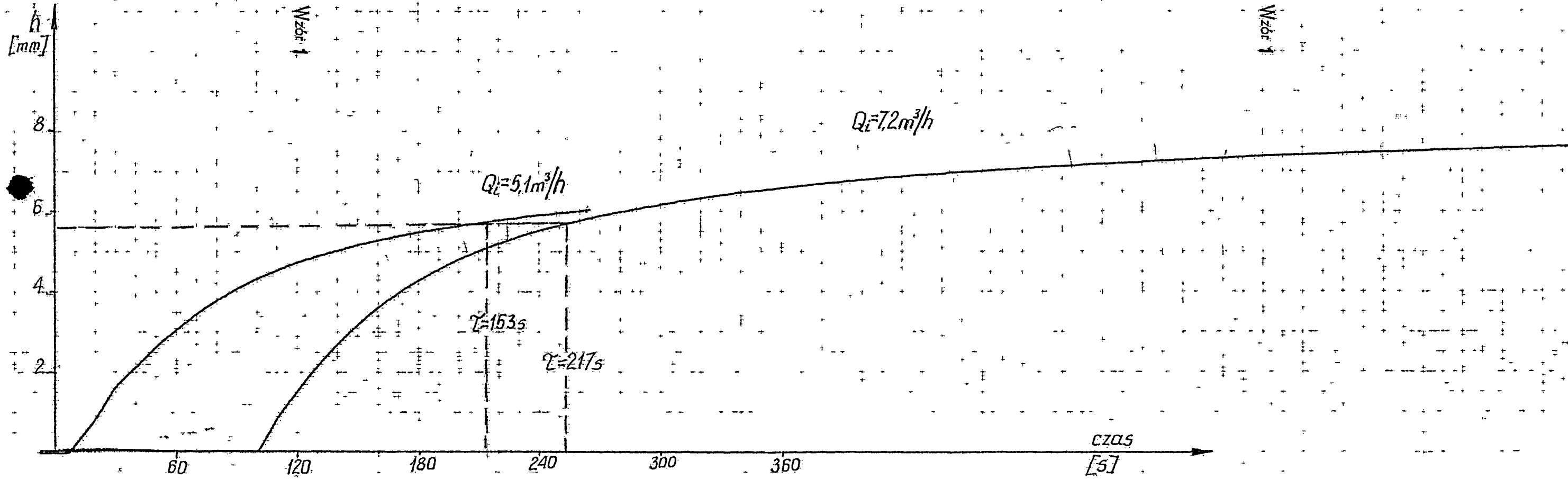


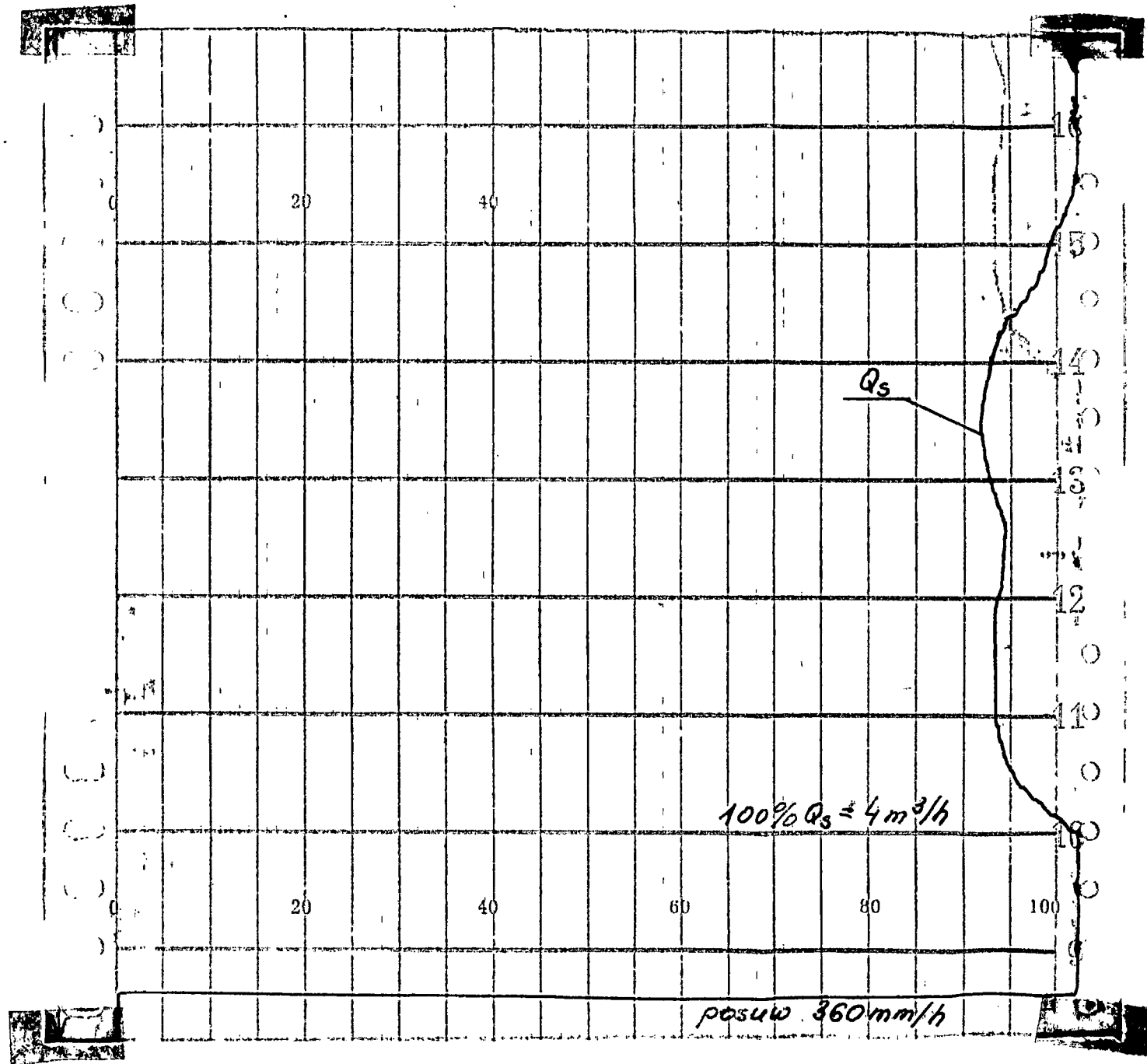
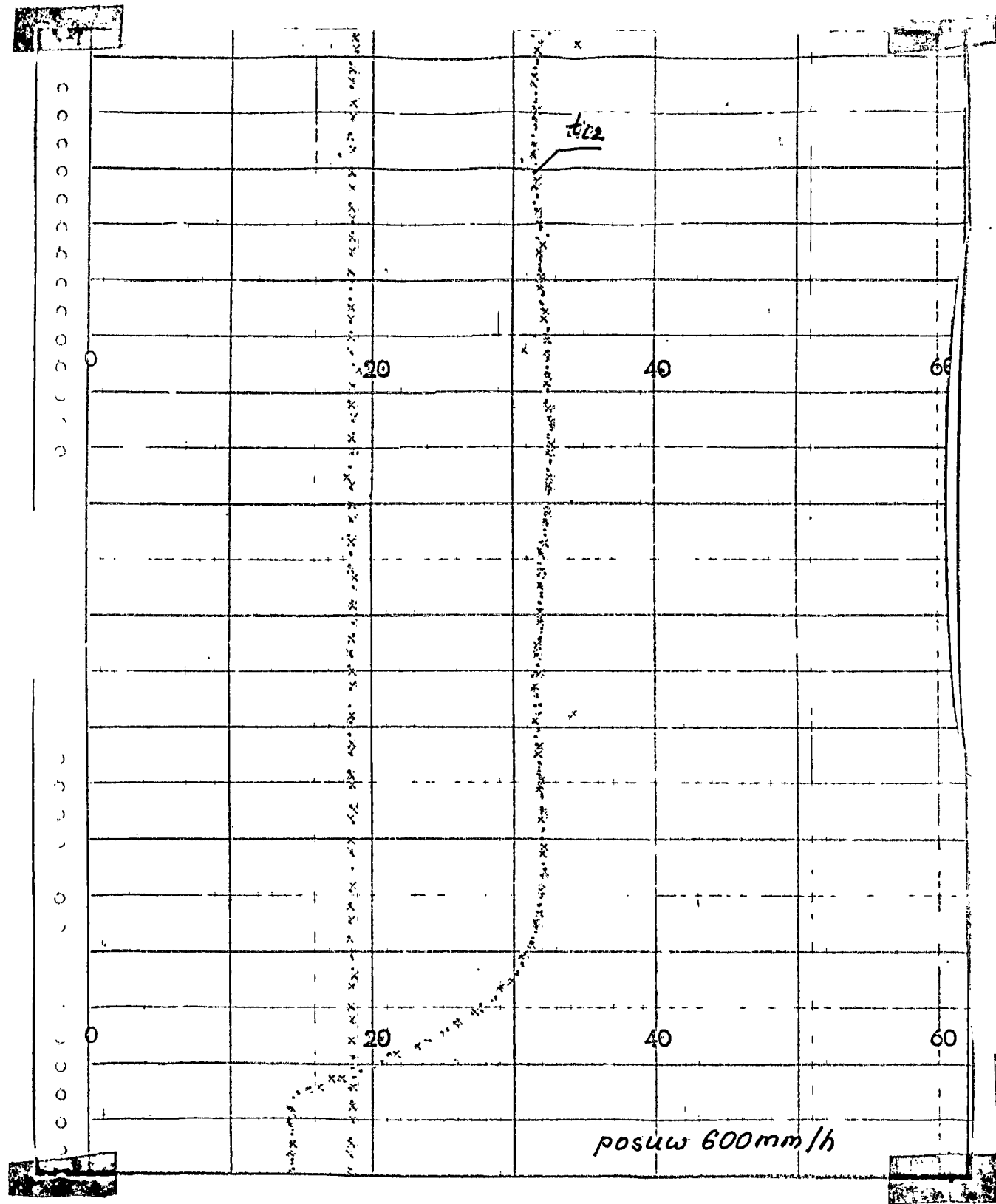
Wykres 11. Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
 umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 6a.
 $Q_i = 5.1\text{ m}^3/\text{h}$ oraz $Q_i = 7.2\text{ m}^3/\text{h}$



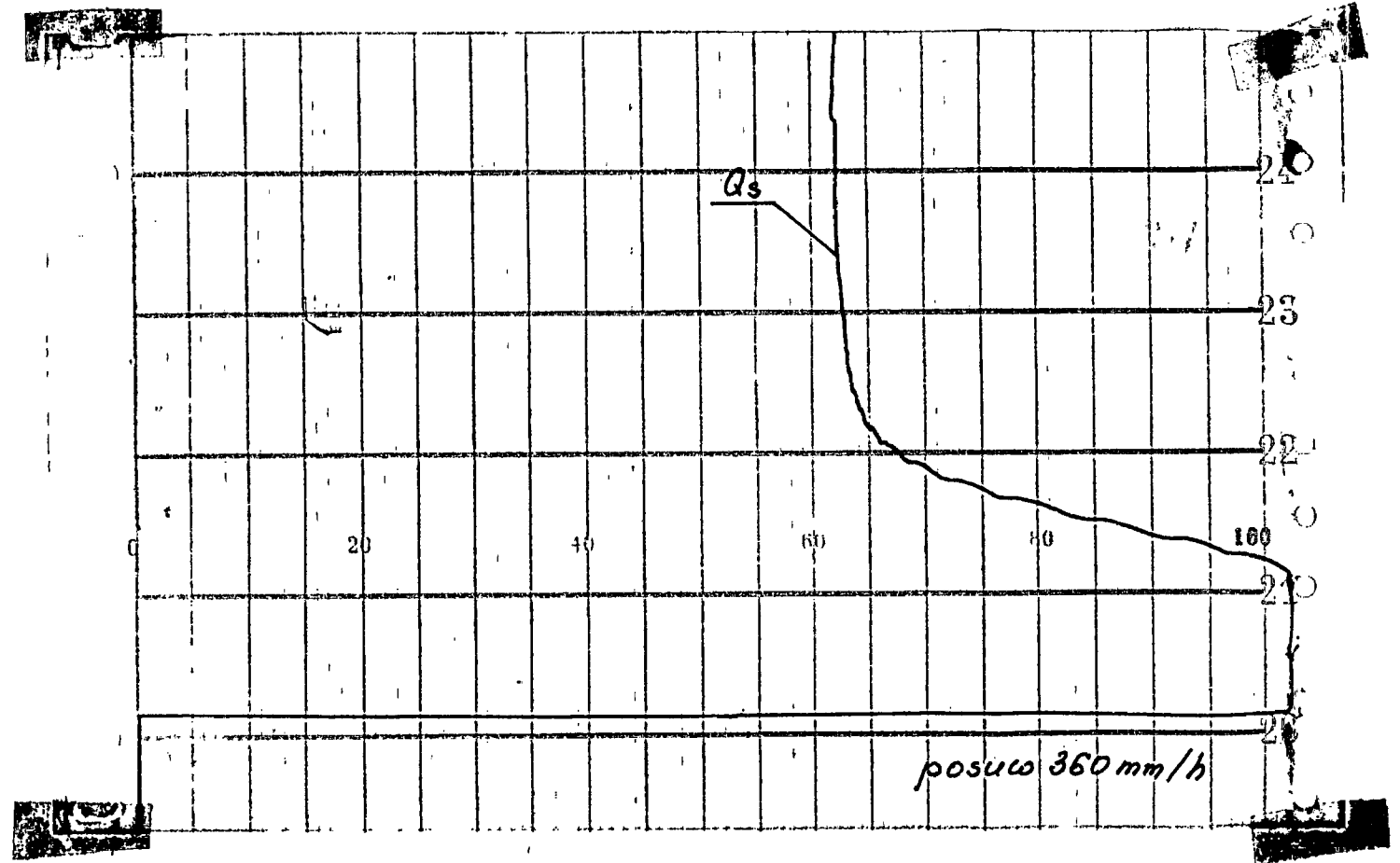
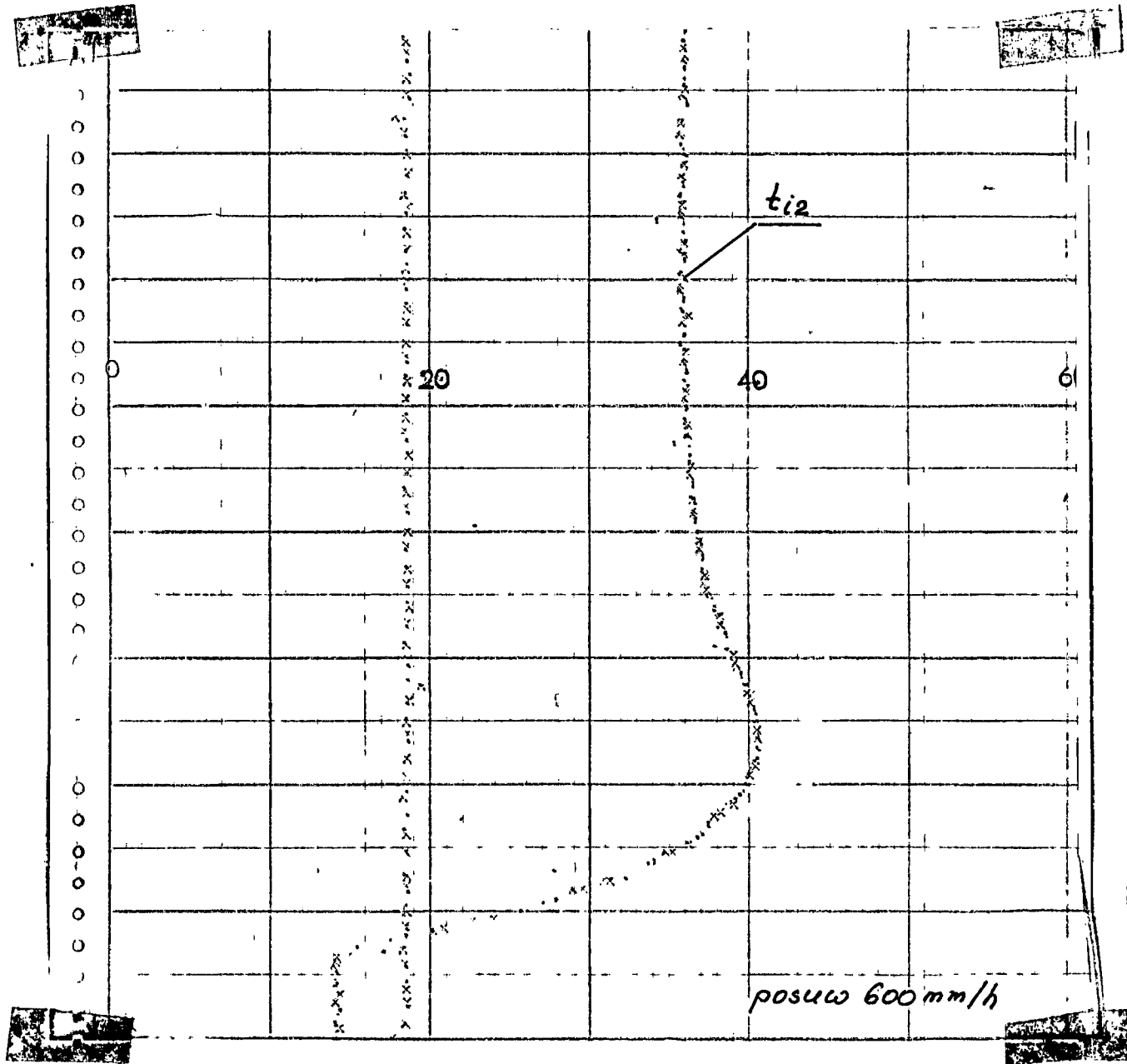


Wykres 12. Charakterystyka dynamiczna czujnika temp.
 umieszczonego w stabilizatorze konfiguracji 6b
 $Q_L = 5,1\text{m}^3/\text{h}$ oraz $Q_L = 7,2\text{m}^3/\text{h}$

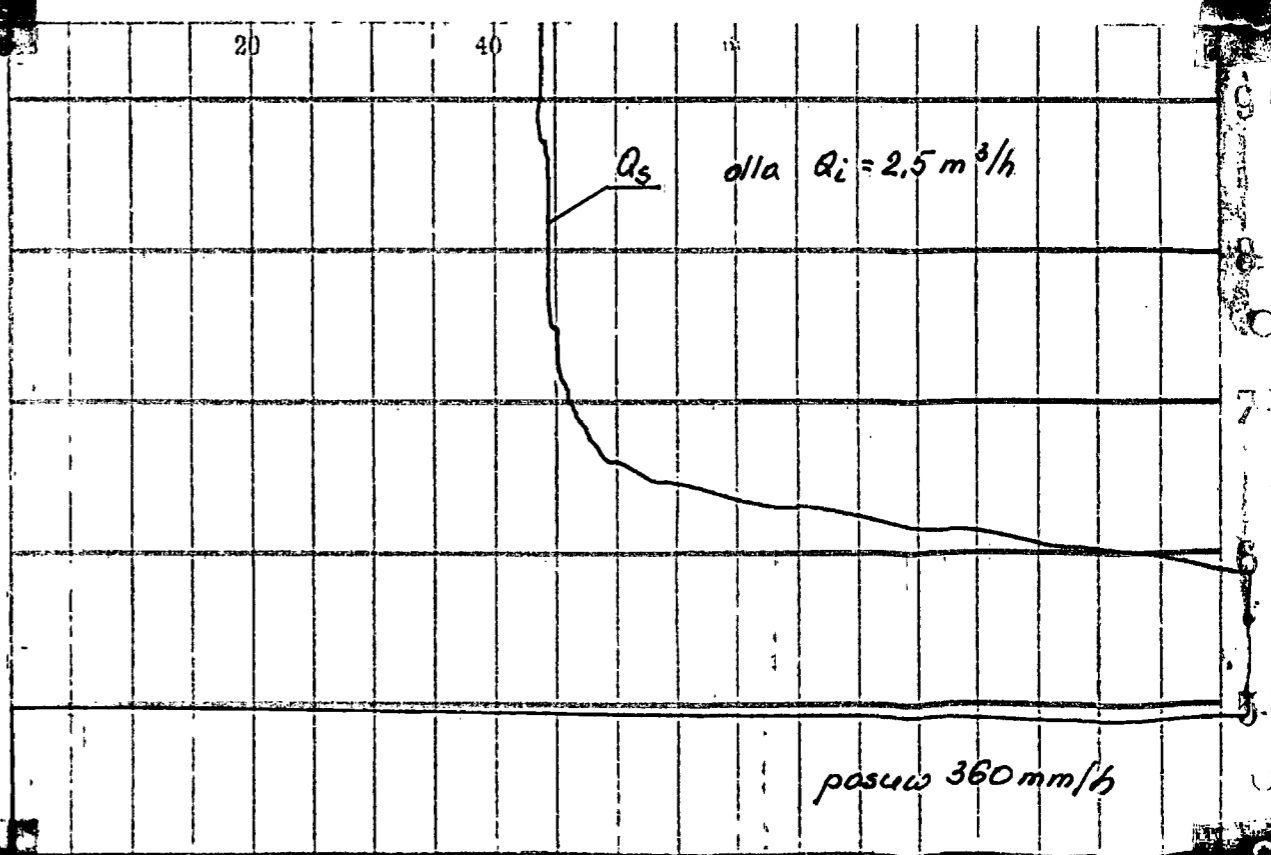
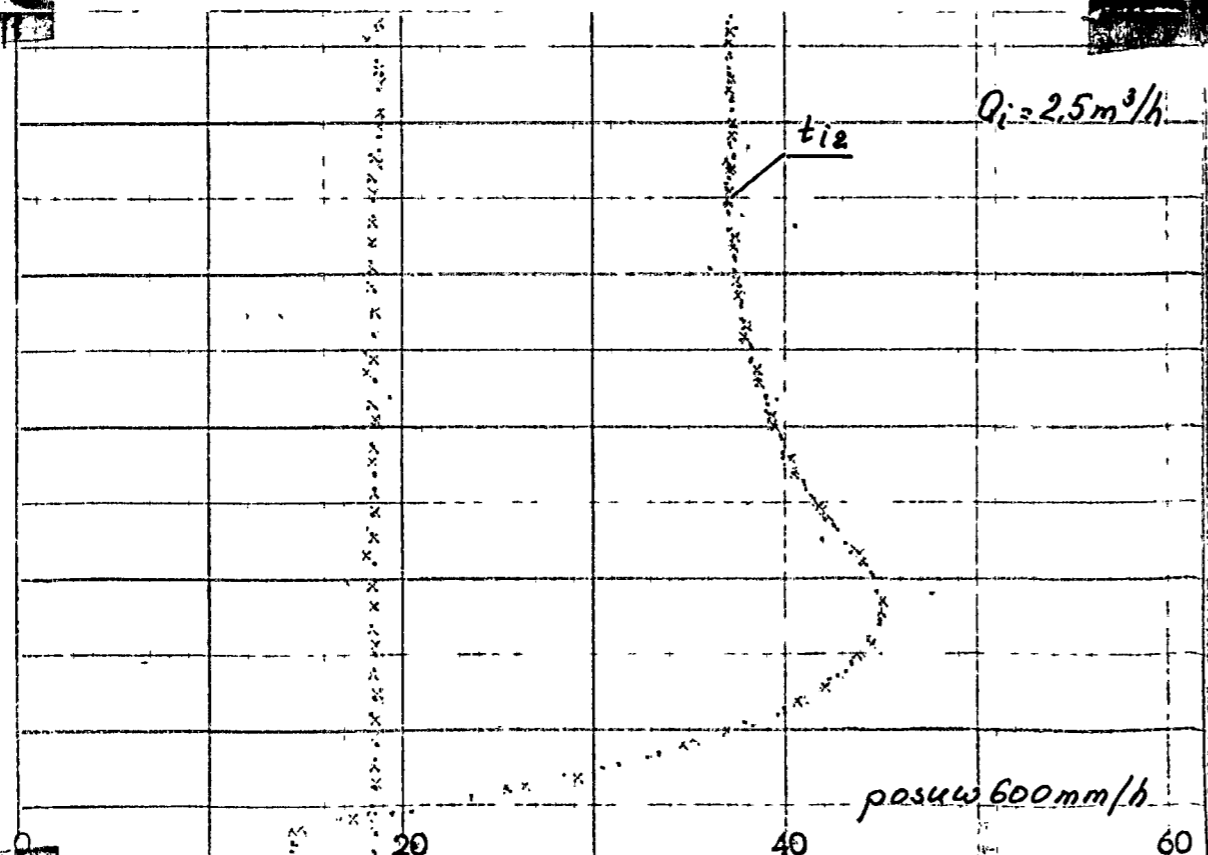
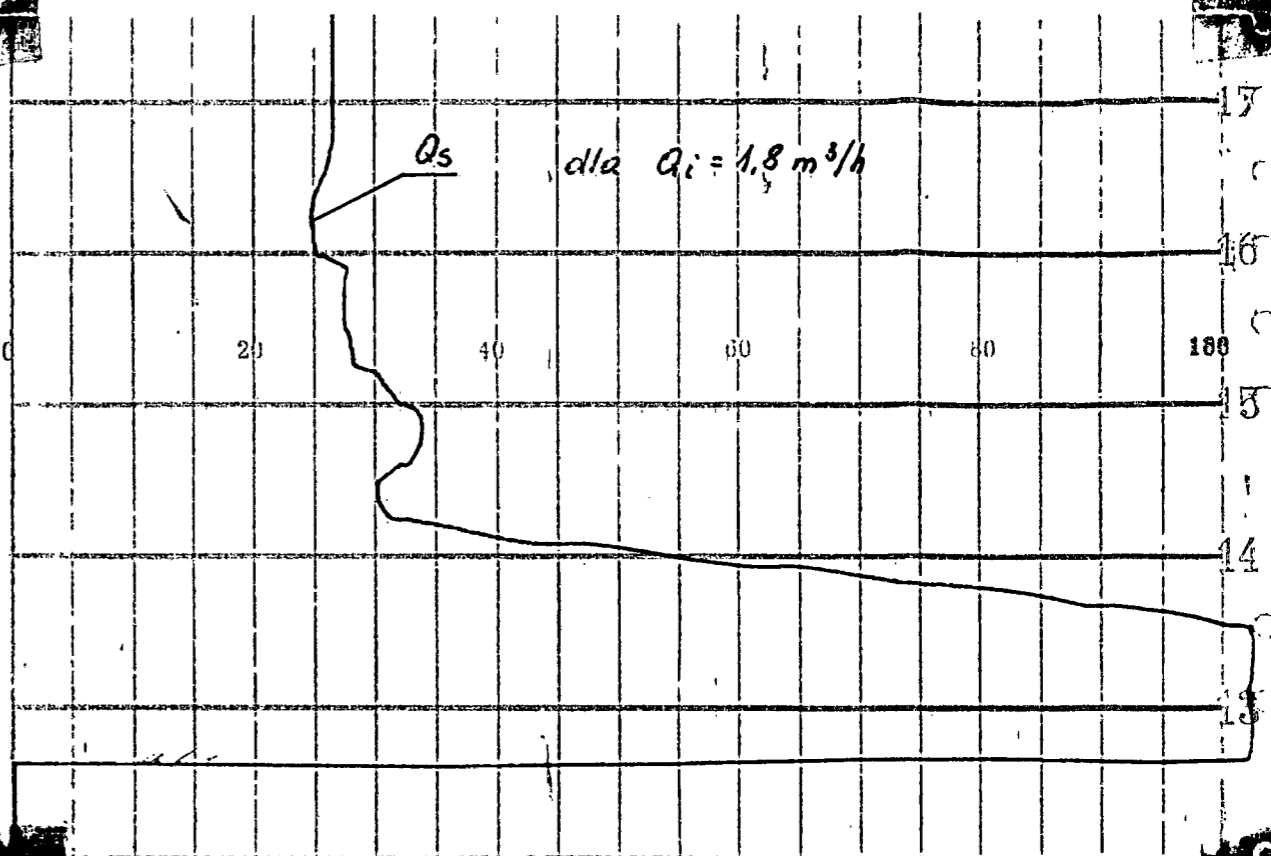
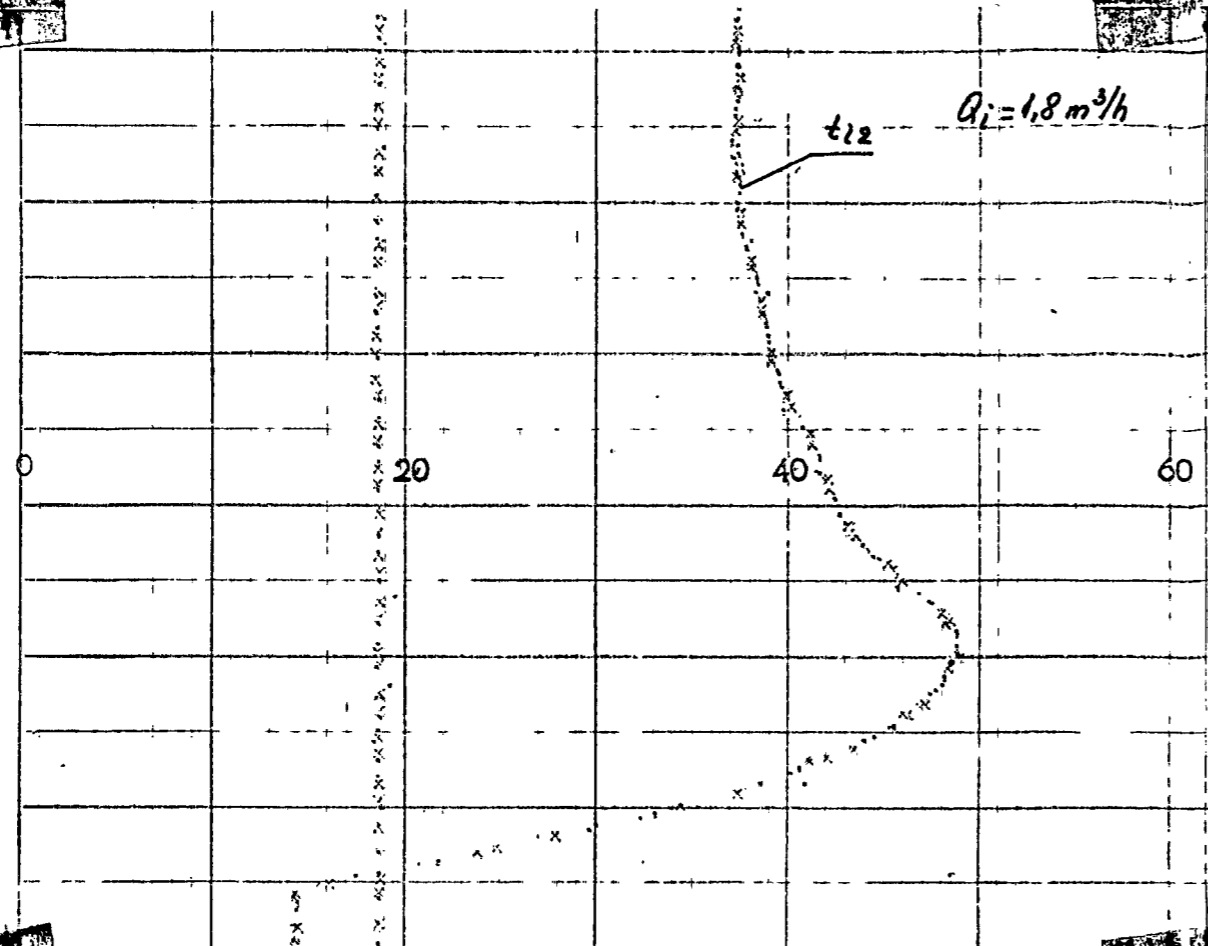




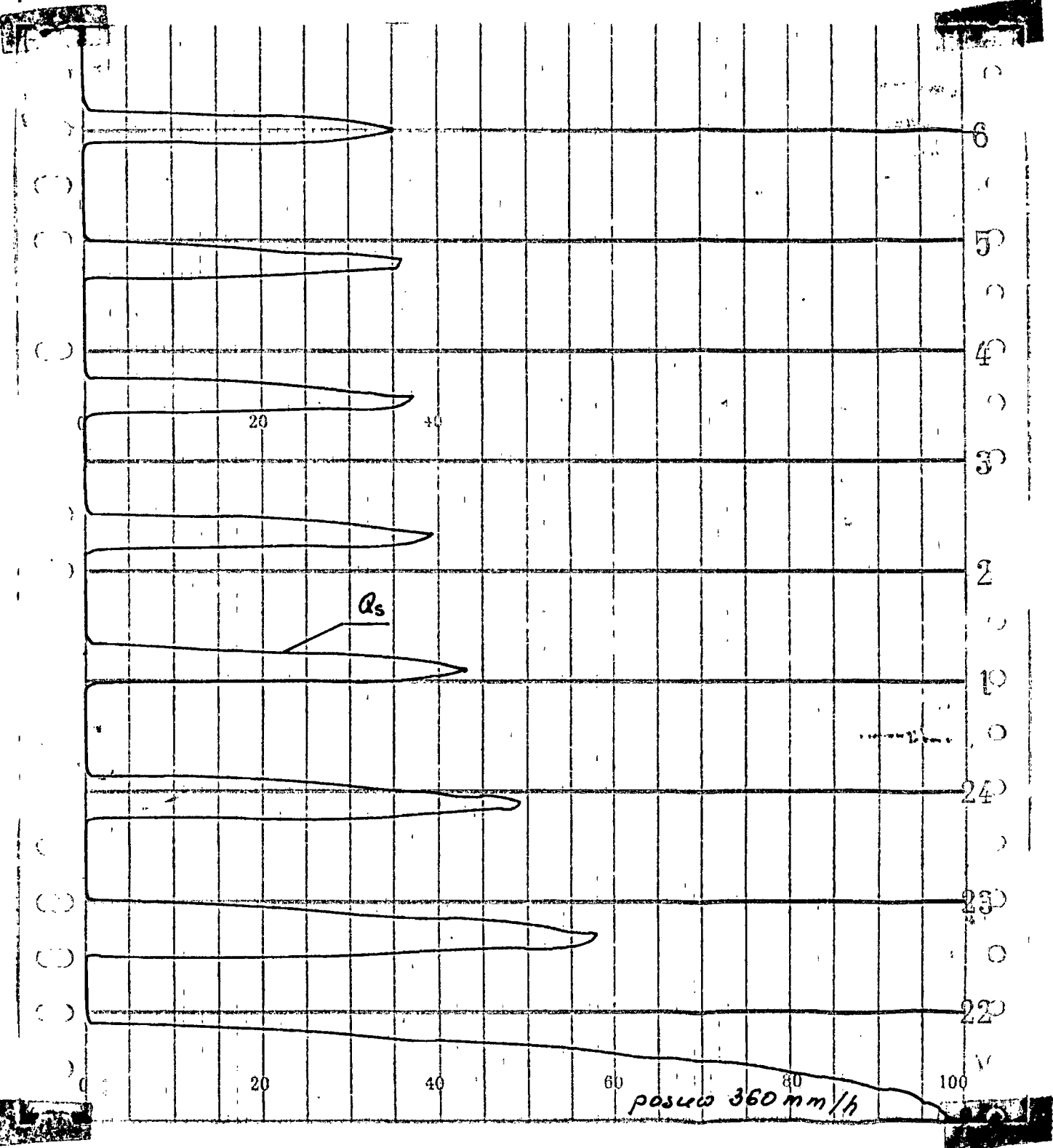
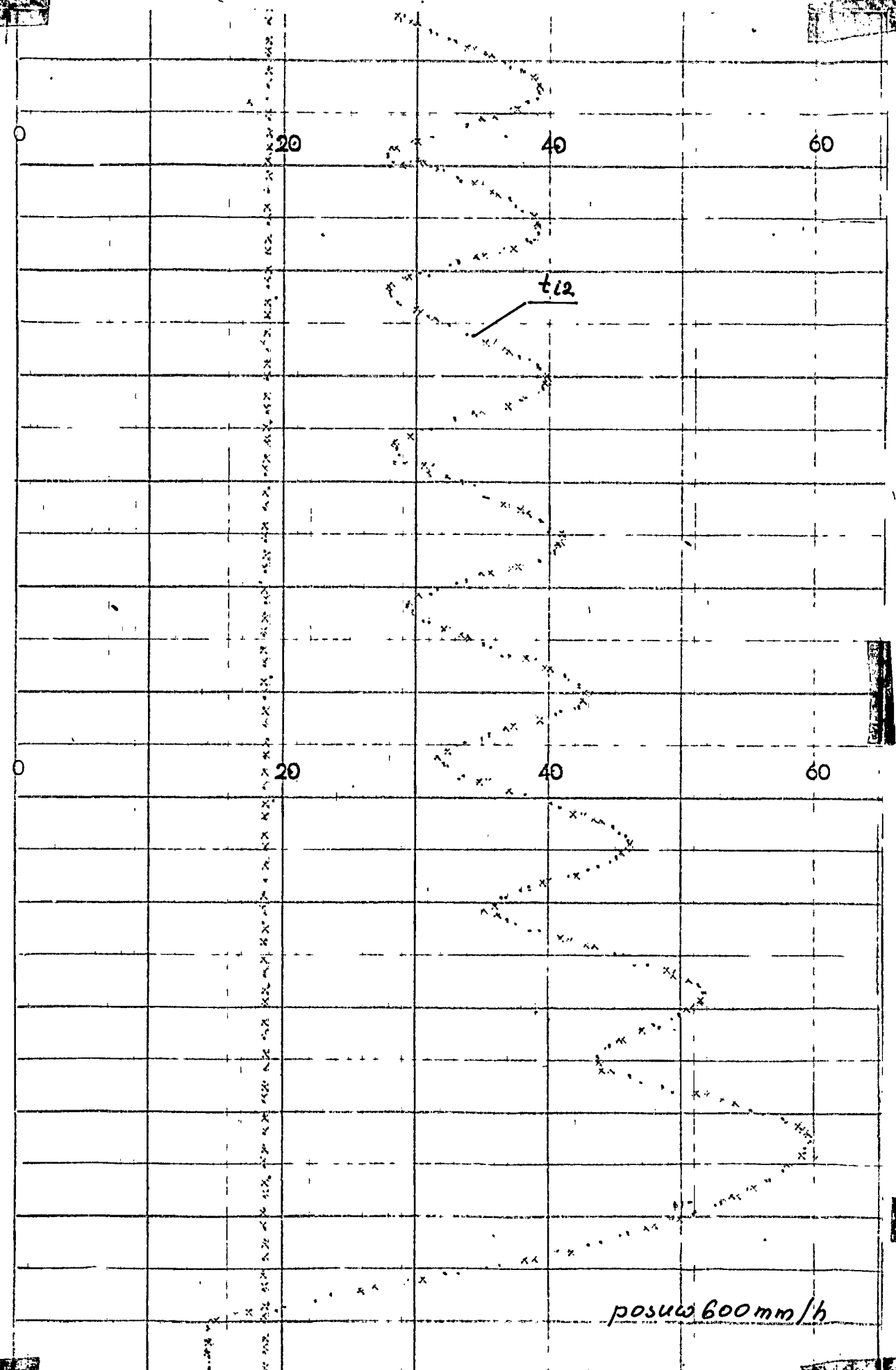
Wykres 13 Stabilizator konfiguracji 1a $Q_i = 6 \text{ m}^3/\text{h}$



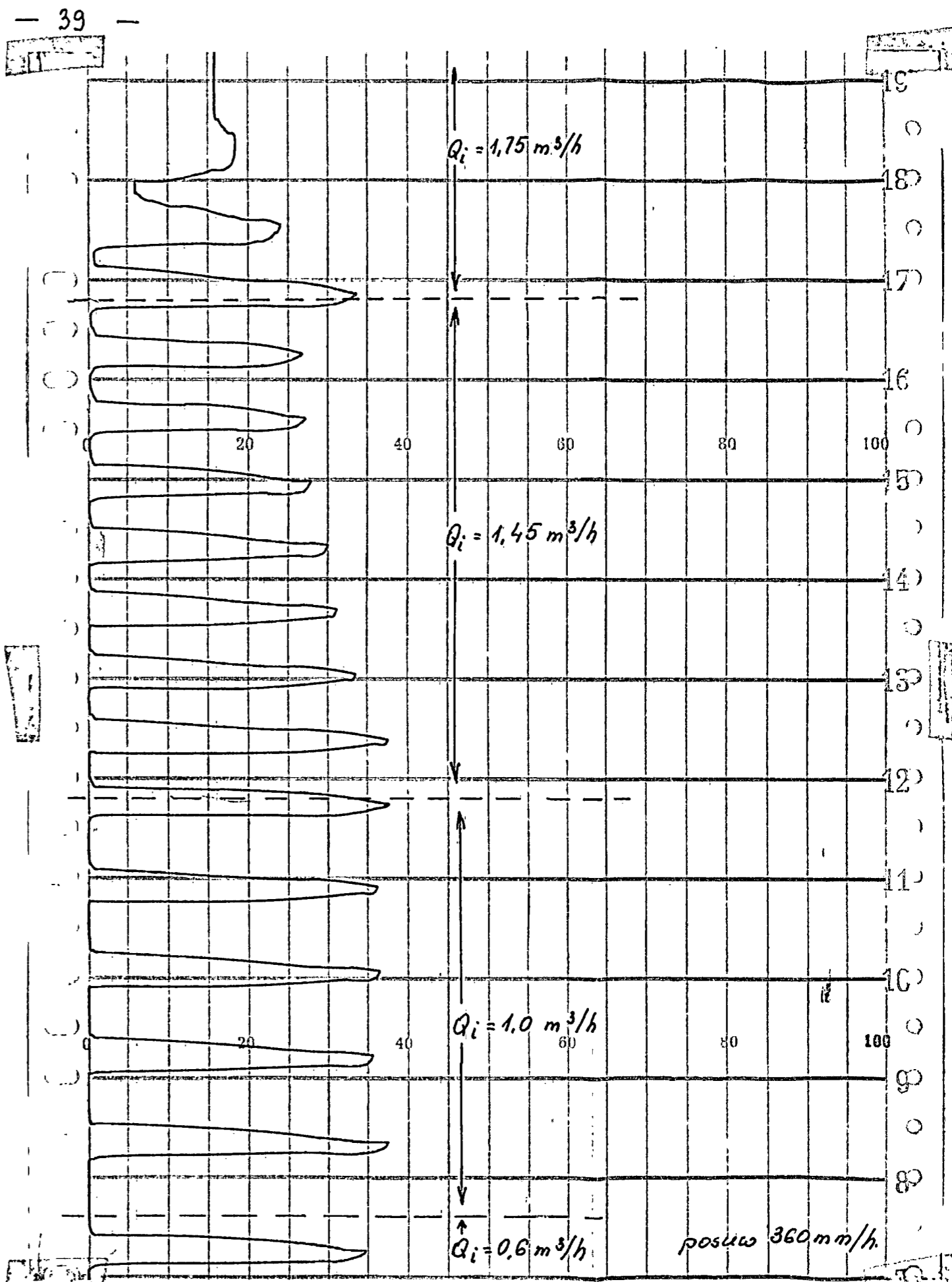
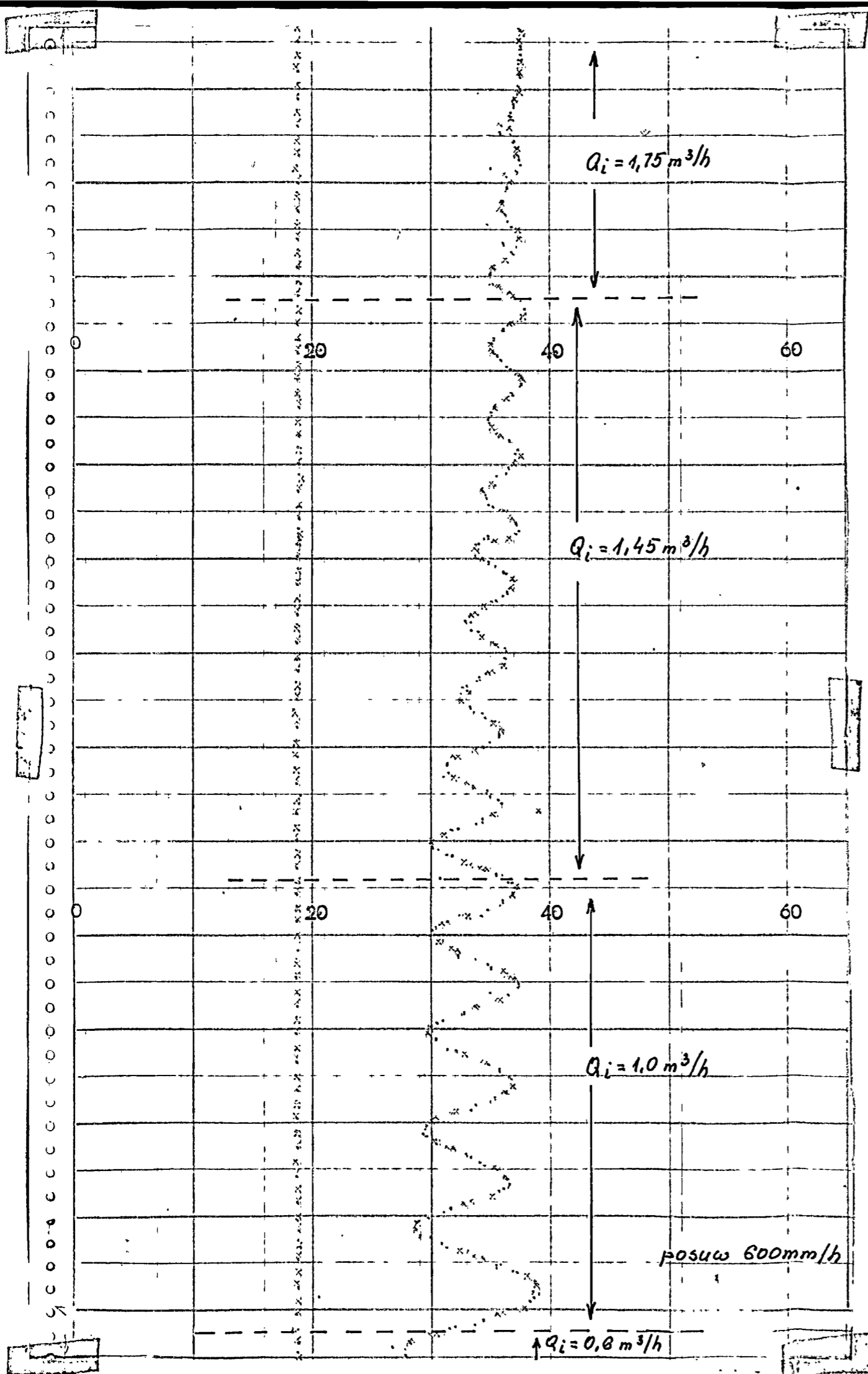
Wykres 14 Stabilizator konfiguracji 1a $Q_i = 3 \text{ m}^3/\text{h}$



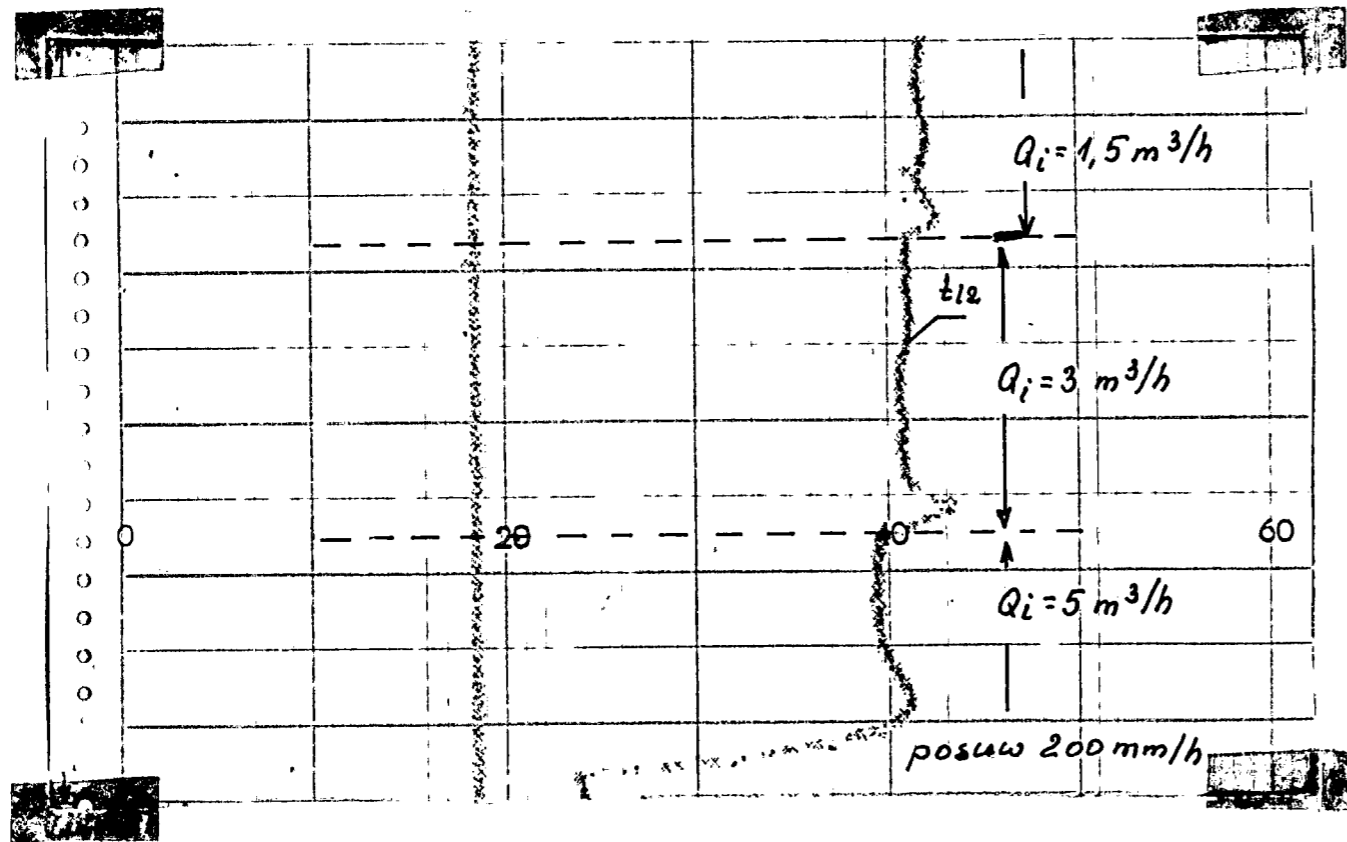
Wykres 15 stabilizator konfiguracji 1a $Q_i = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz $Q_i = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$



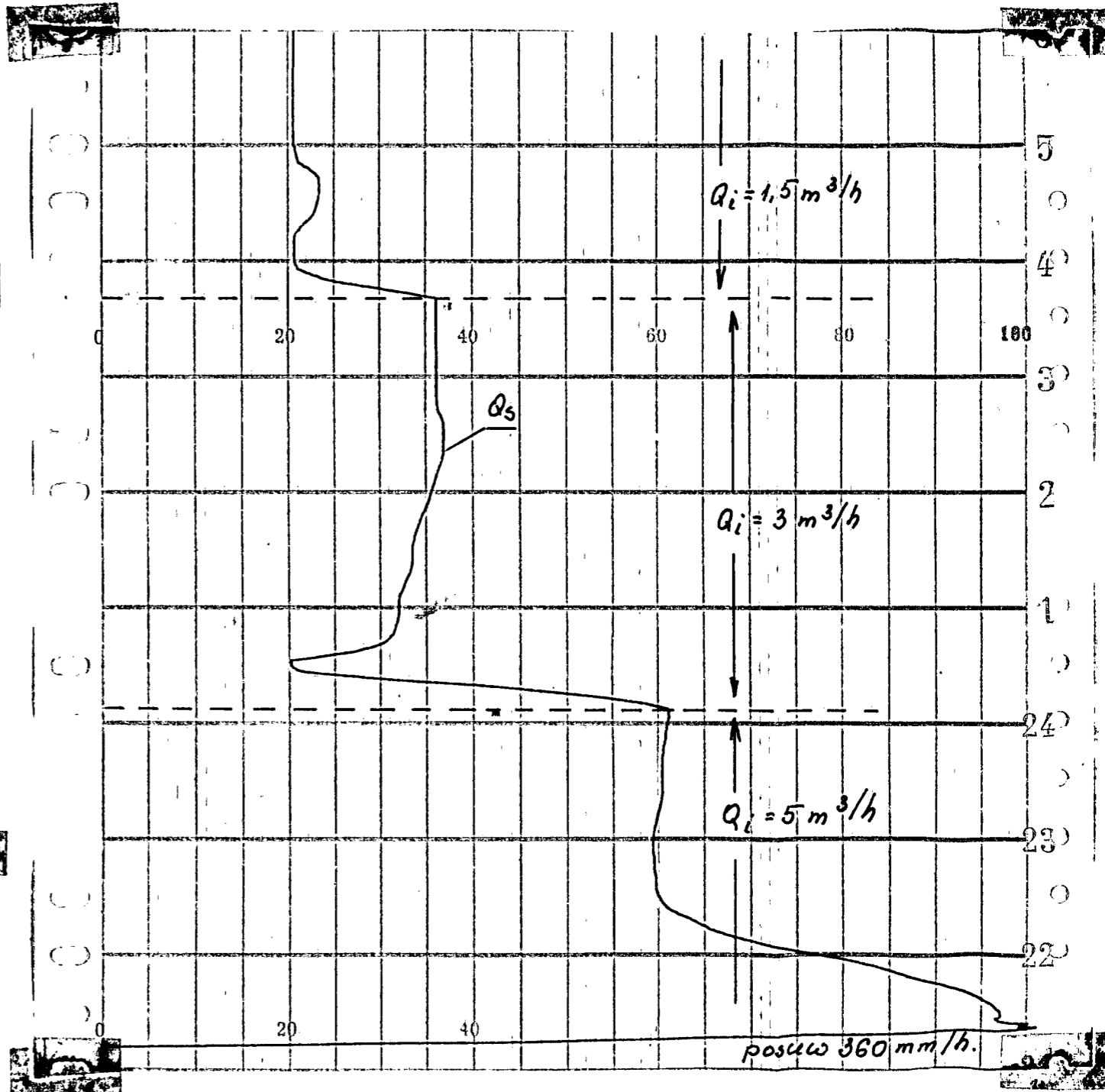
Wykres 16 Stabilizator konfiguracji 1a ; $Q_i = 0,6 \text{ m}^2/\text{h}$

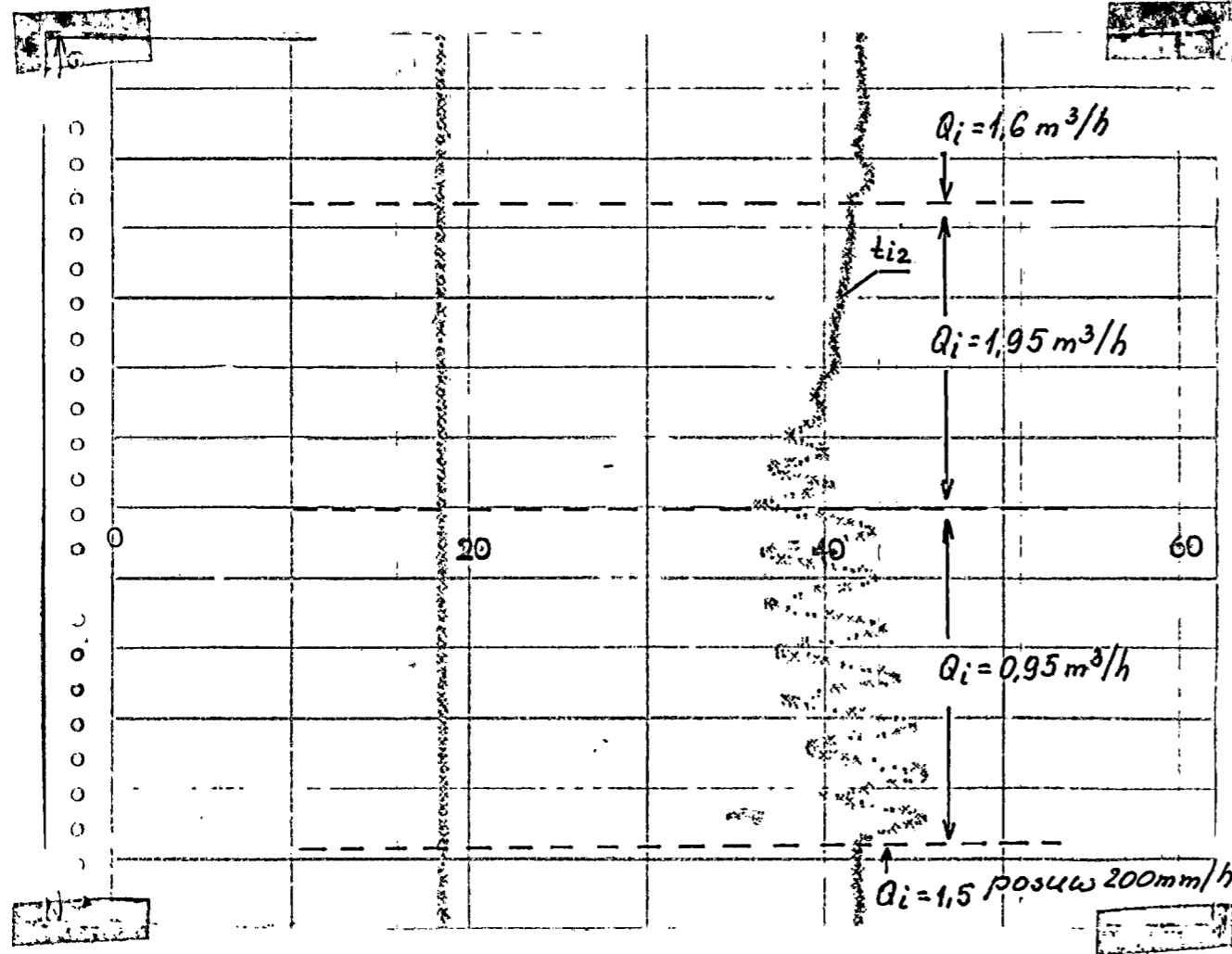


Wykres 17 Stabilizator konfiguracji 1a : $Q_i = 0.6; 1.0; 1.45; 1.75 \text{ m}^3/\text{h}$

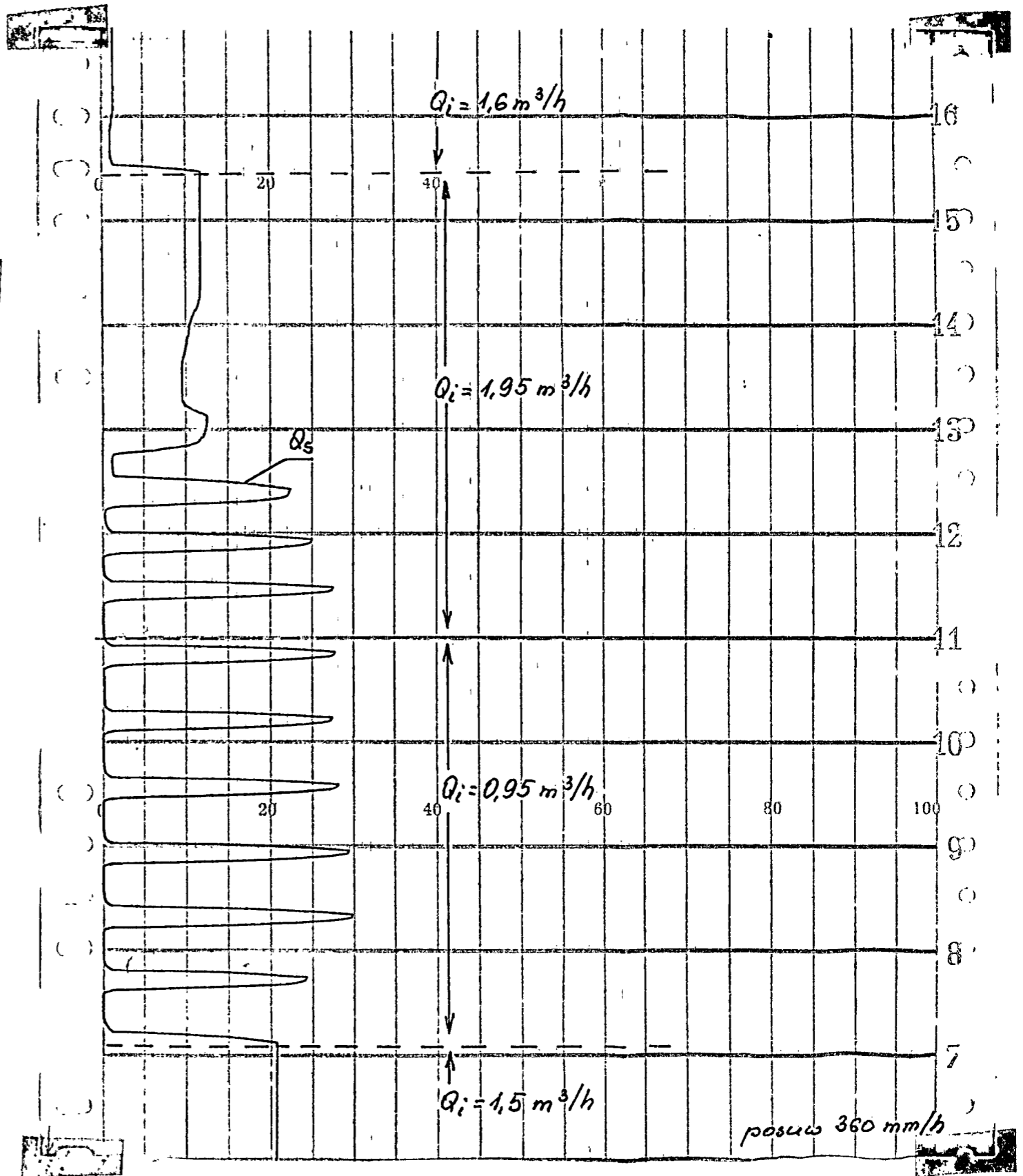


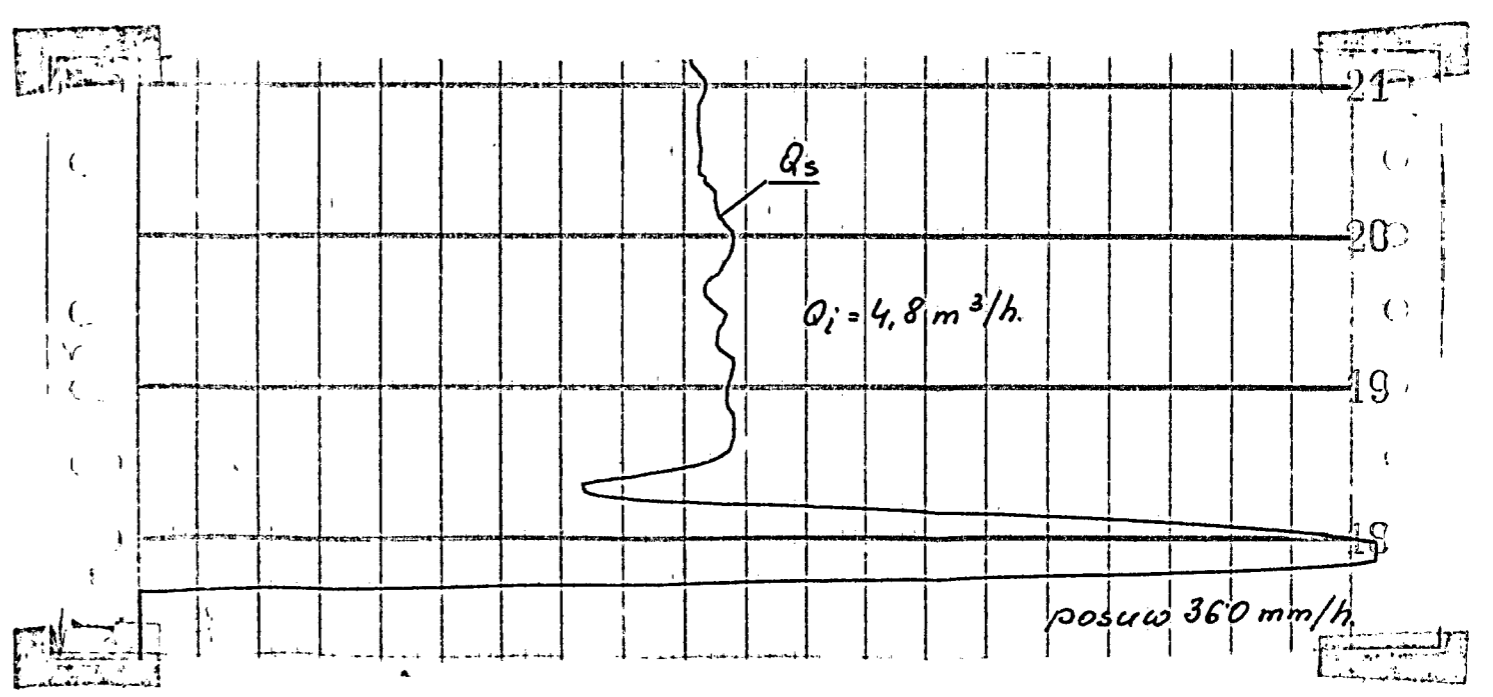
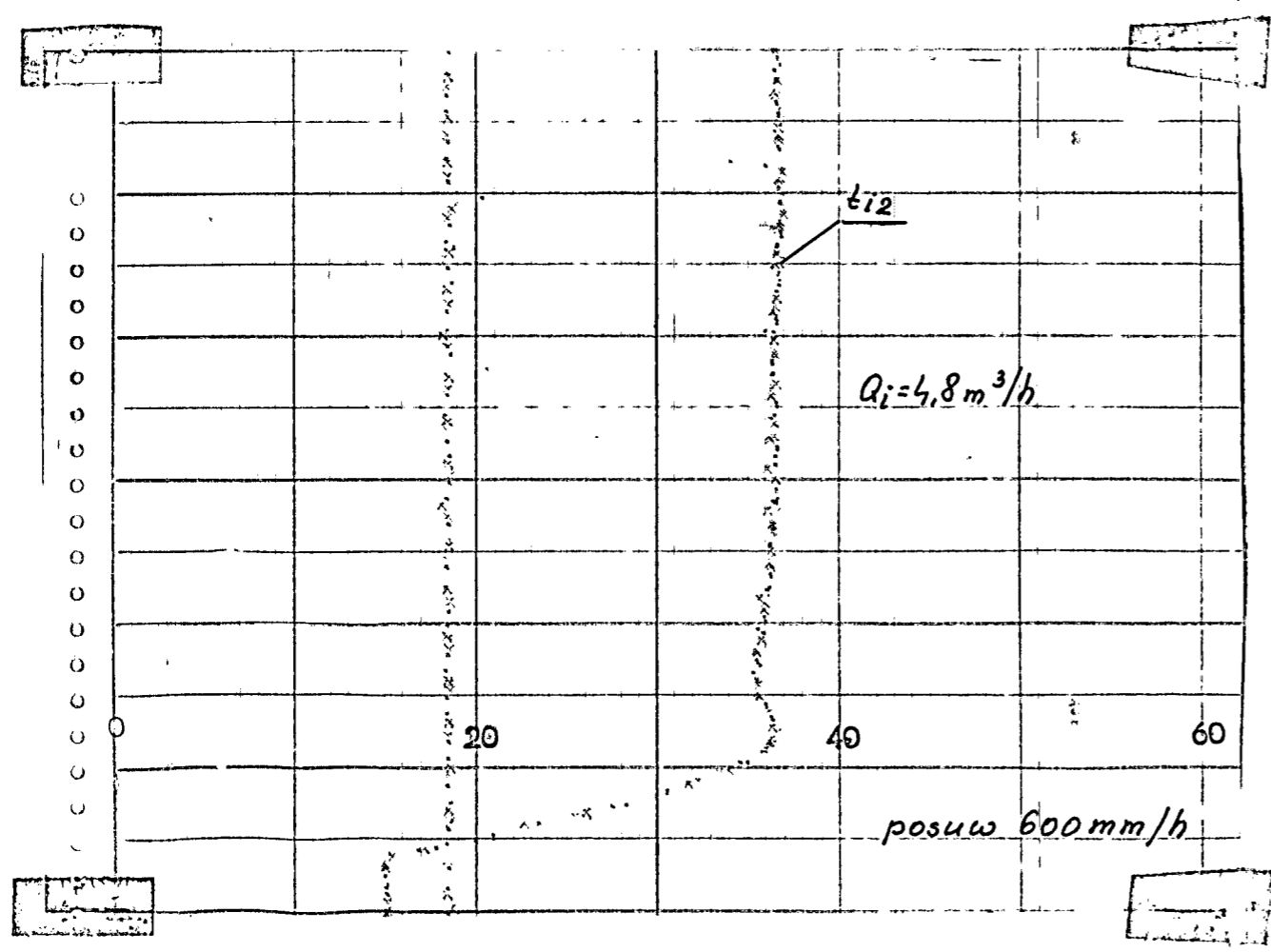
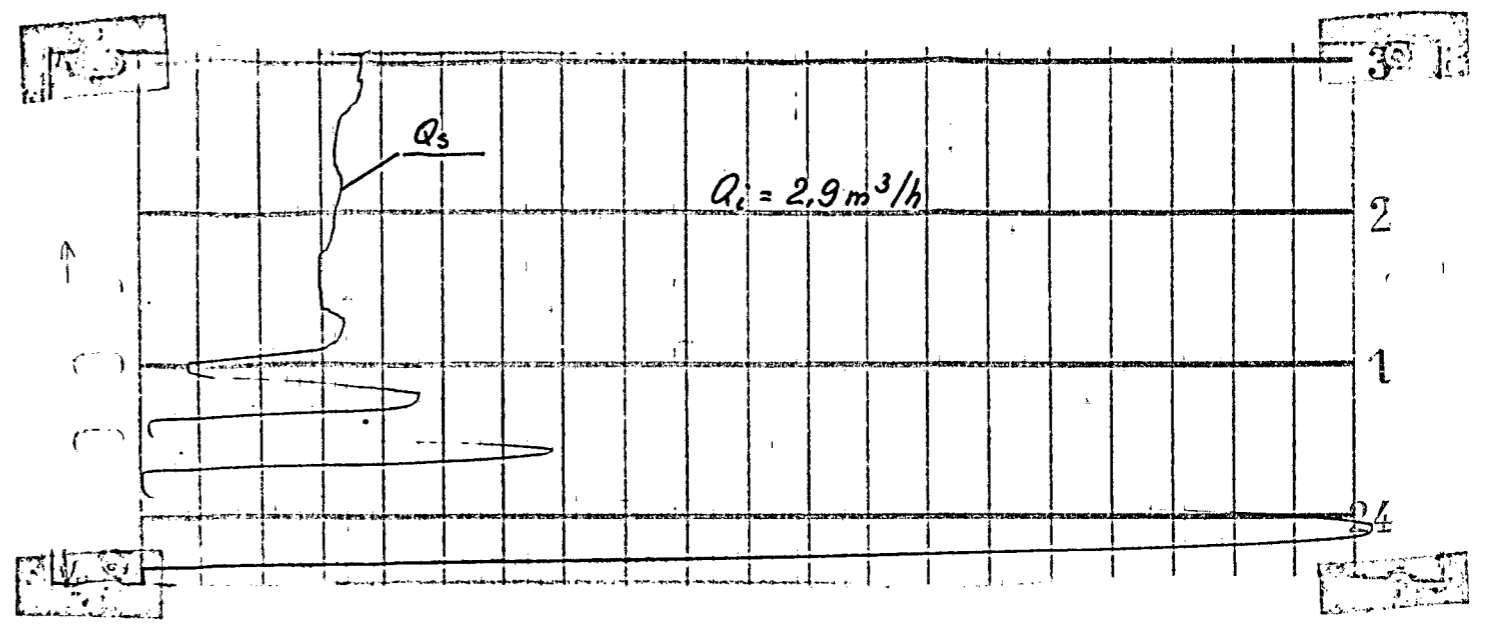
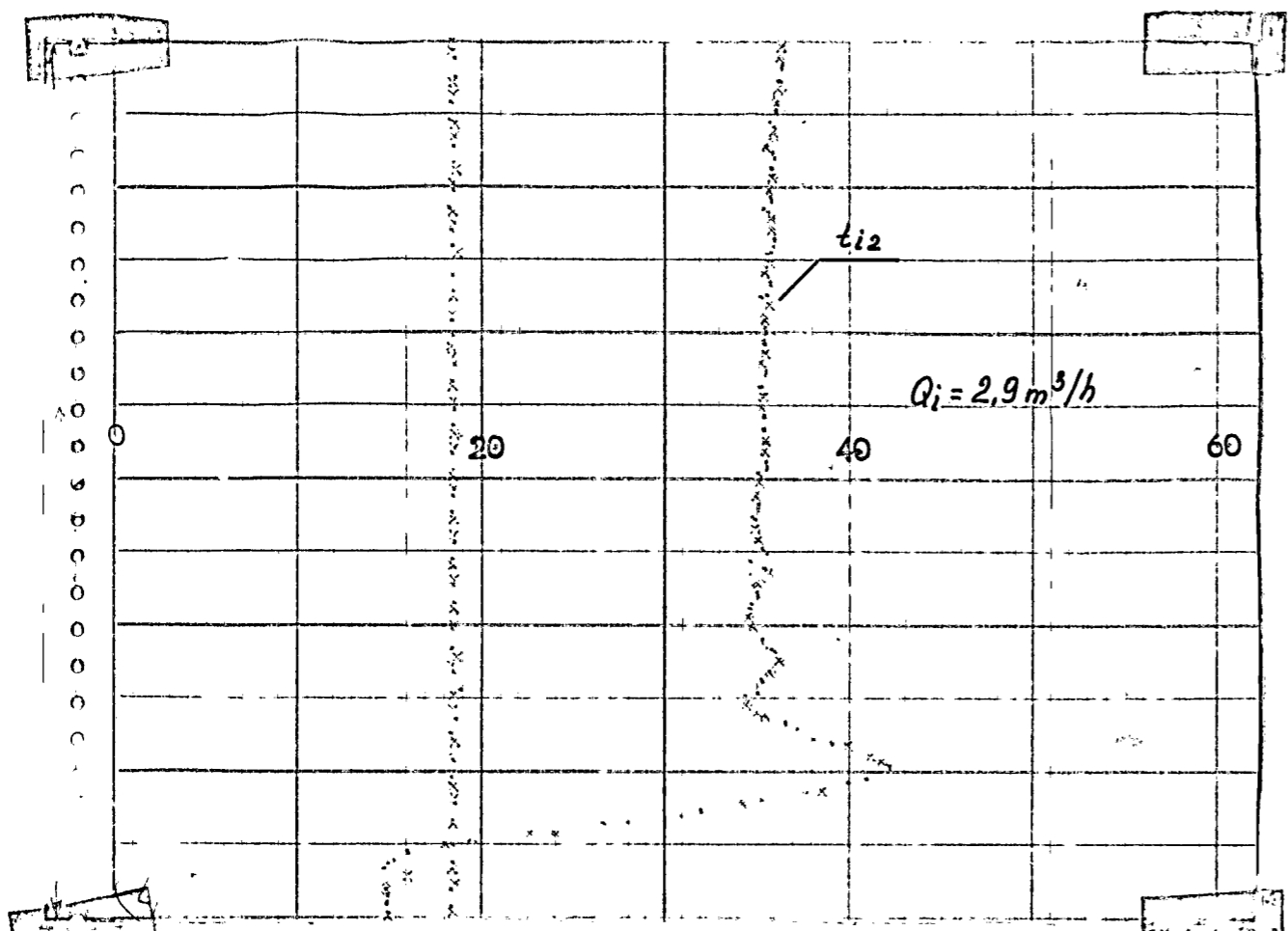
Wykres 18 stabilizator konfiguracji 2a
 $Q_i = 5 ; 3 ; 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.



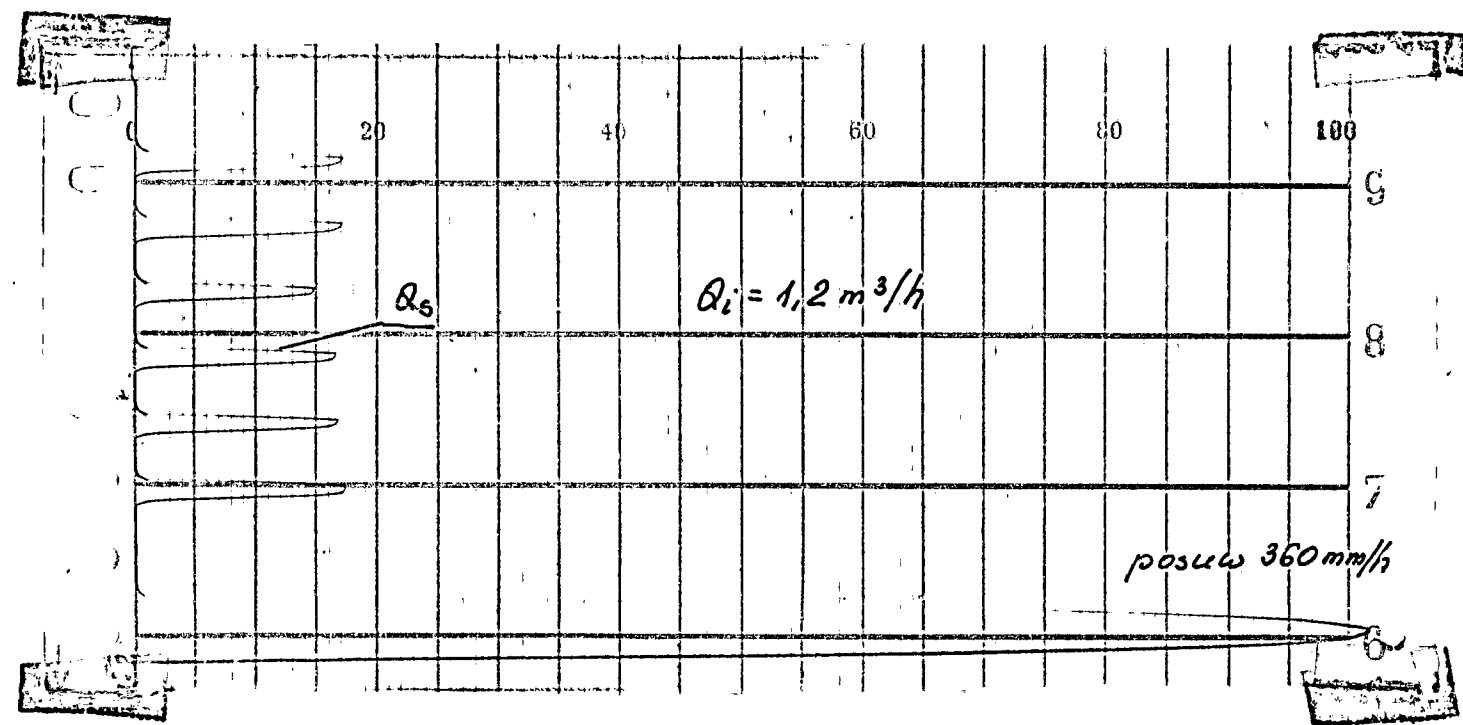
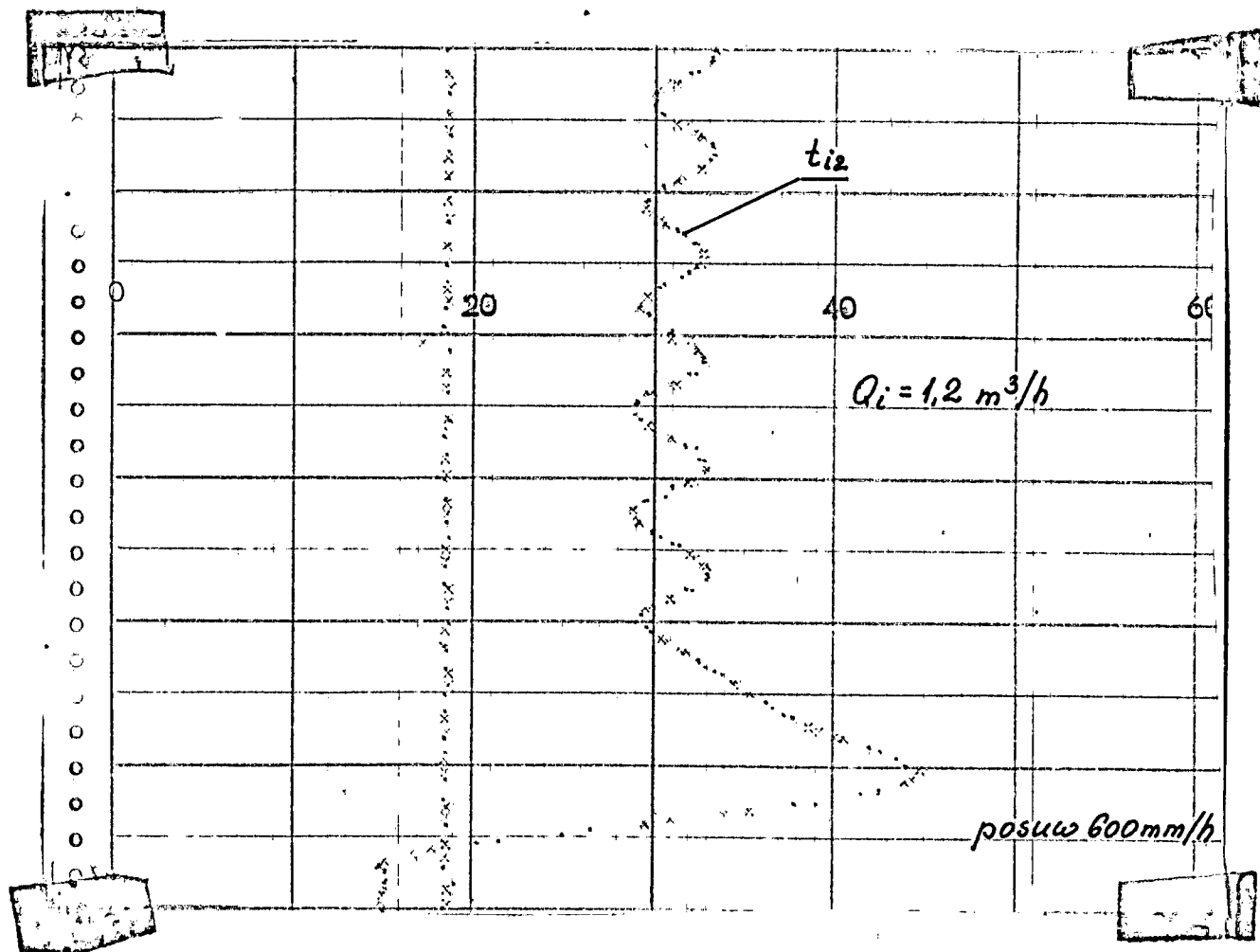


Wykres 19 Stabilizator konfiguracji 2a
 $Q_i = 1,5 ; 0,95 ; 1,95 ; 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$

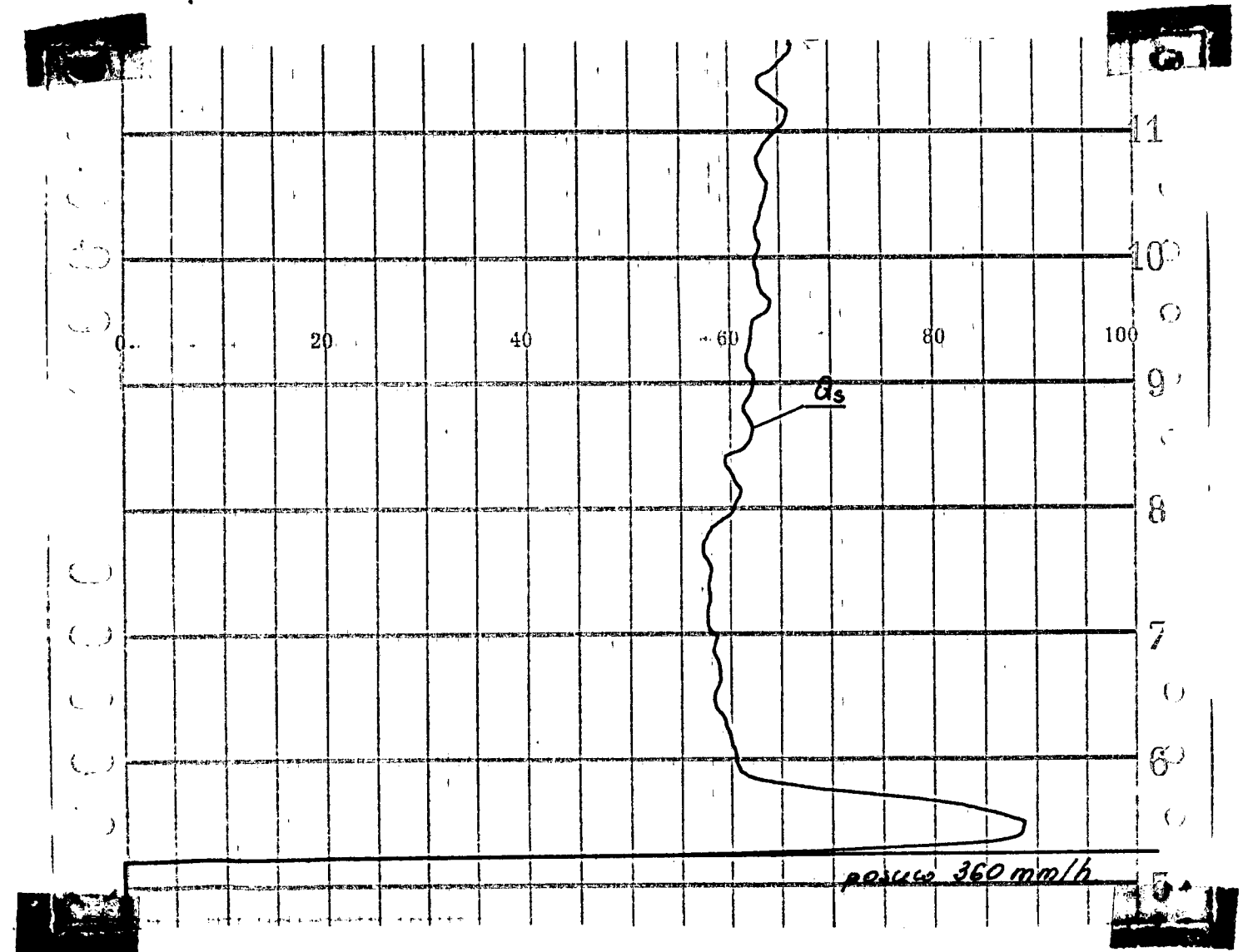
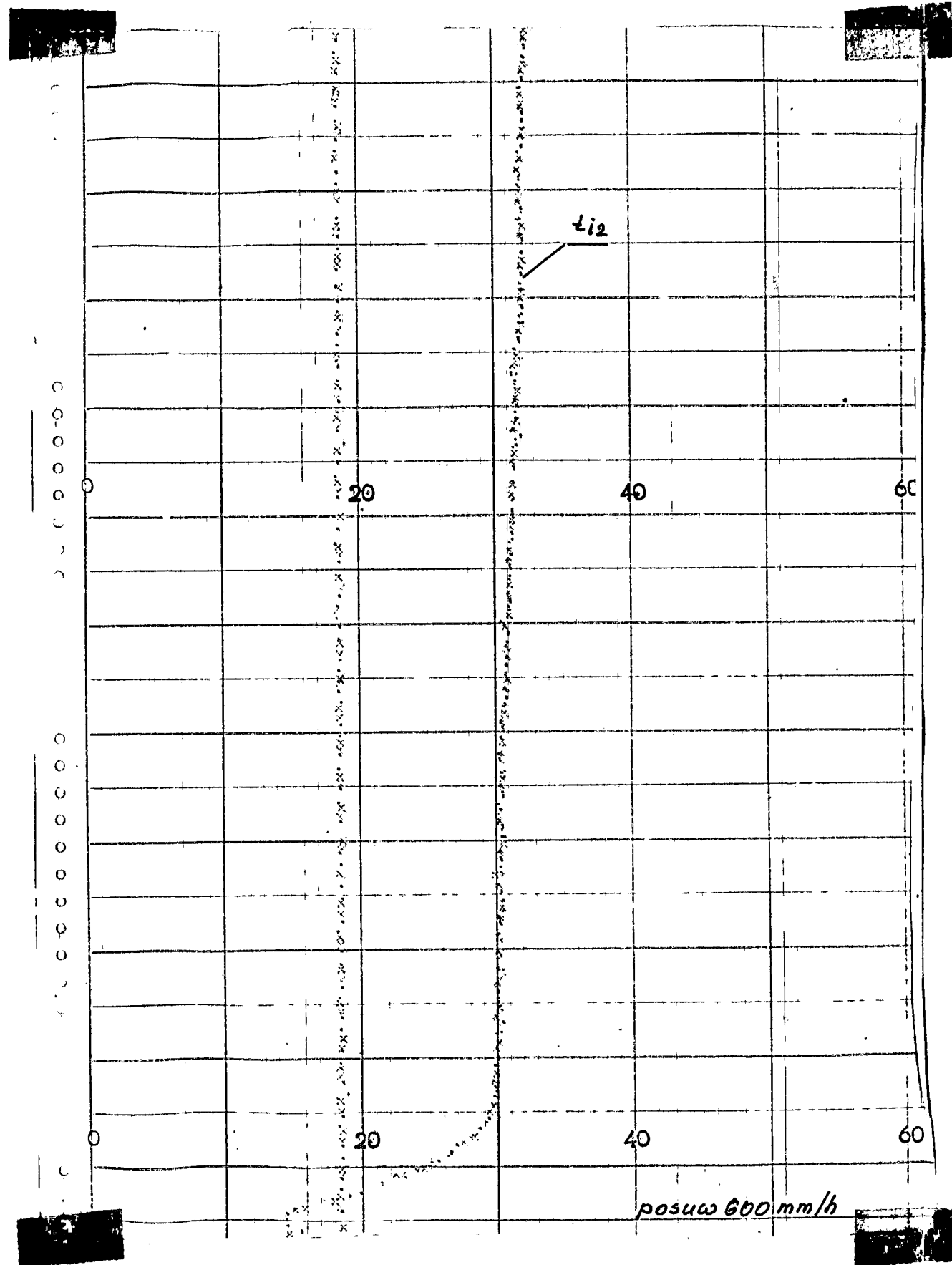




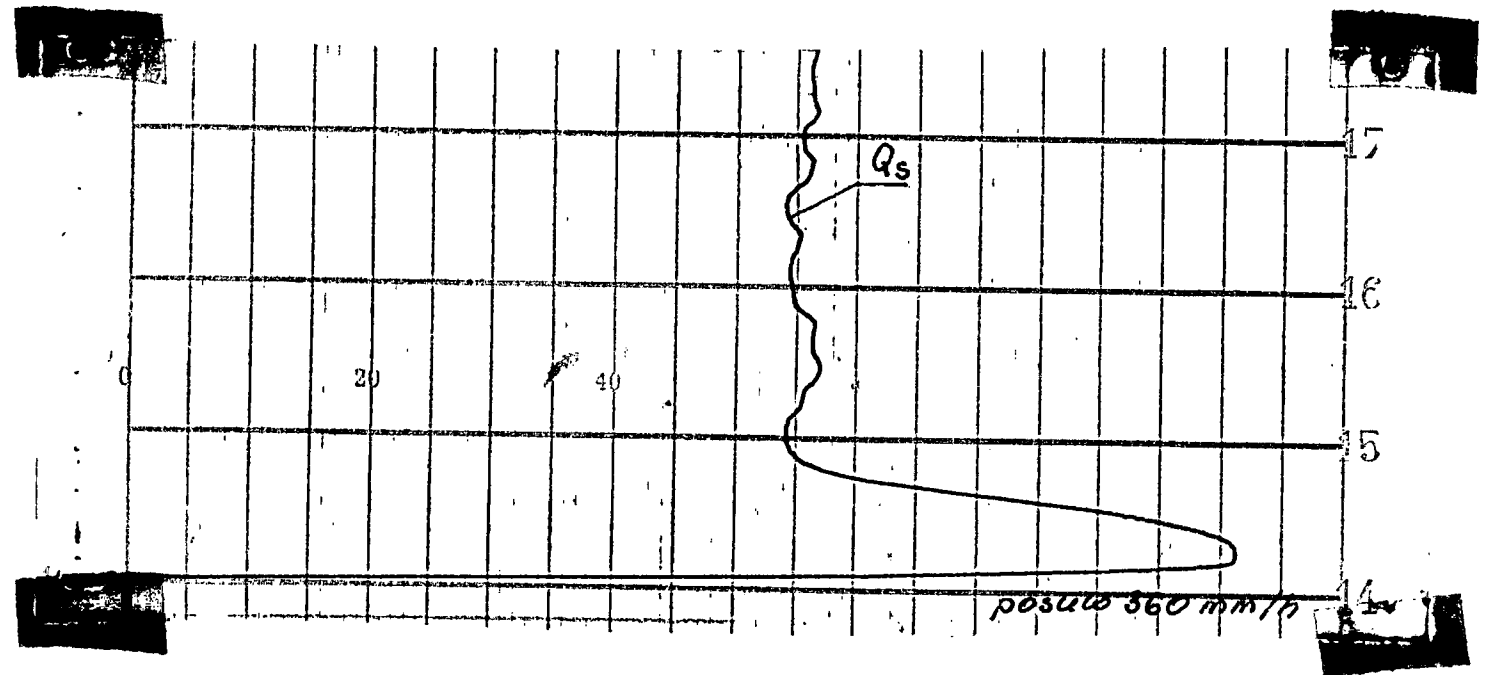
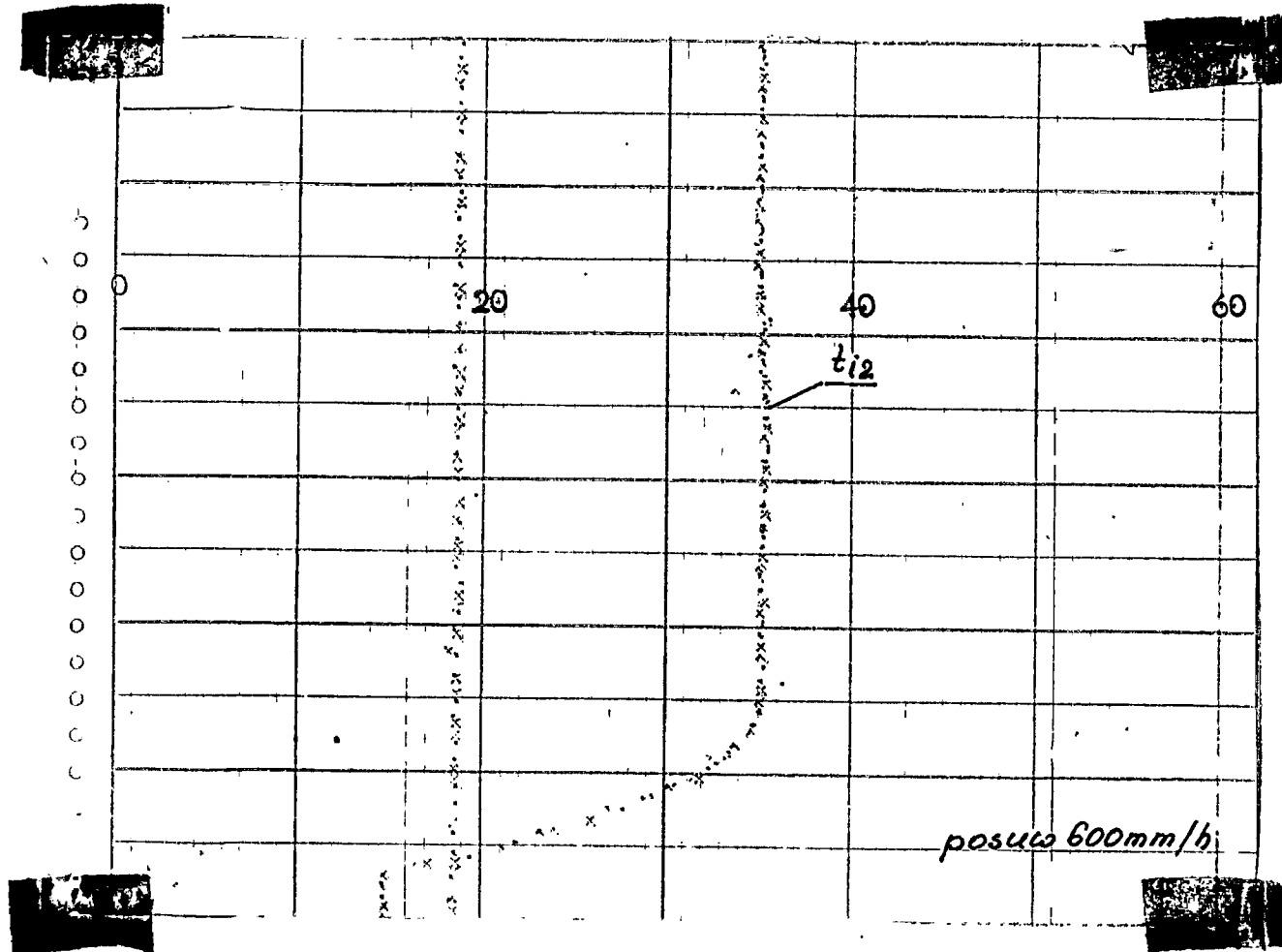
Wykres 20 Stabilizator konfiguracji 7a
 $Q_i = 4,8$ oraz $2,9 \text{ m}^3/\text{h}$.



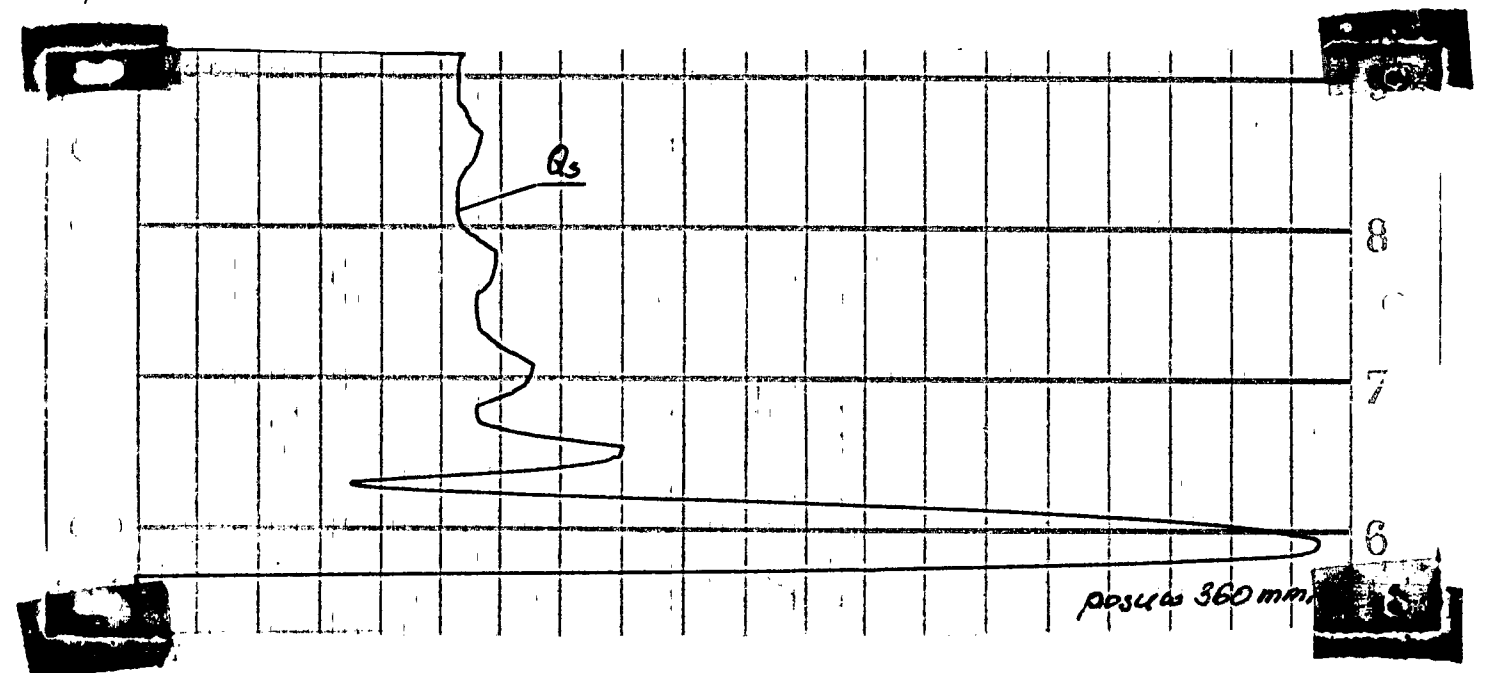
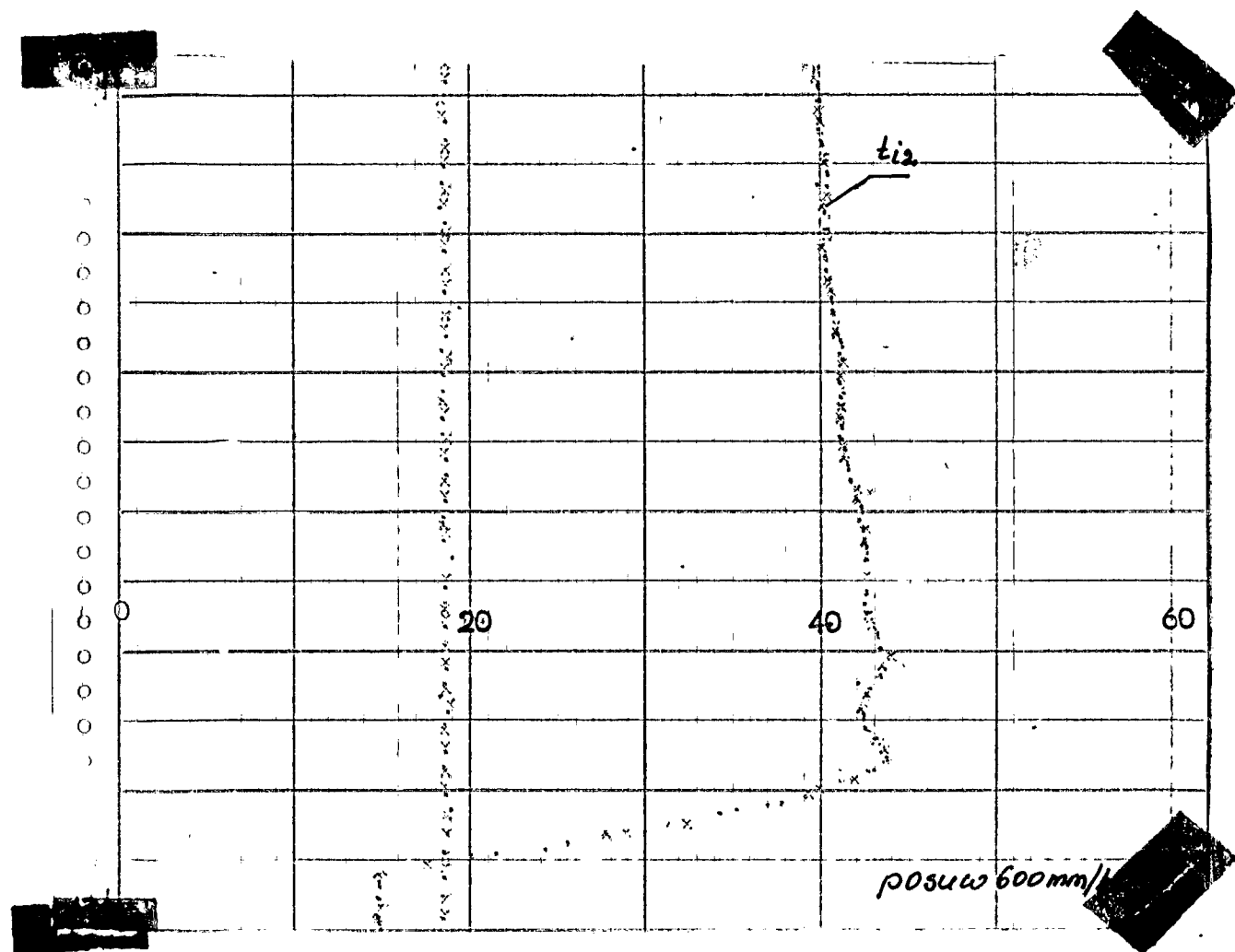
Wykres 21 Stabilizator konfiguracji 7a $Q_i = 1,2 \text{ m}^3/h$



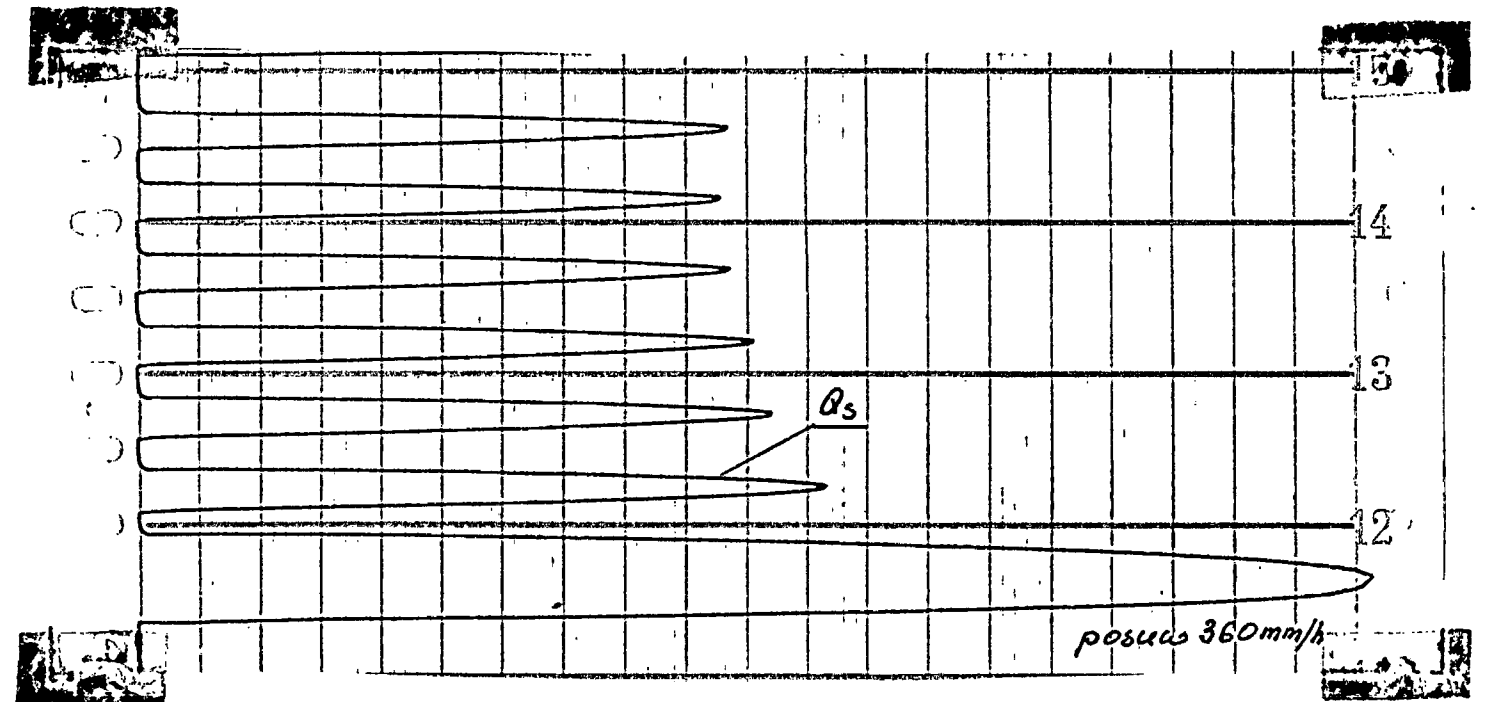
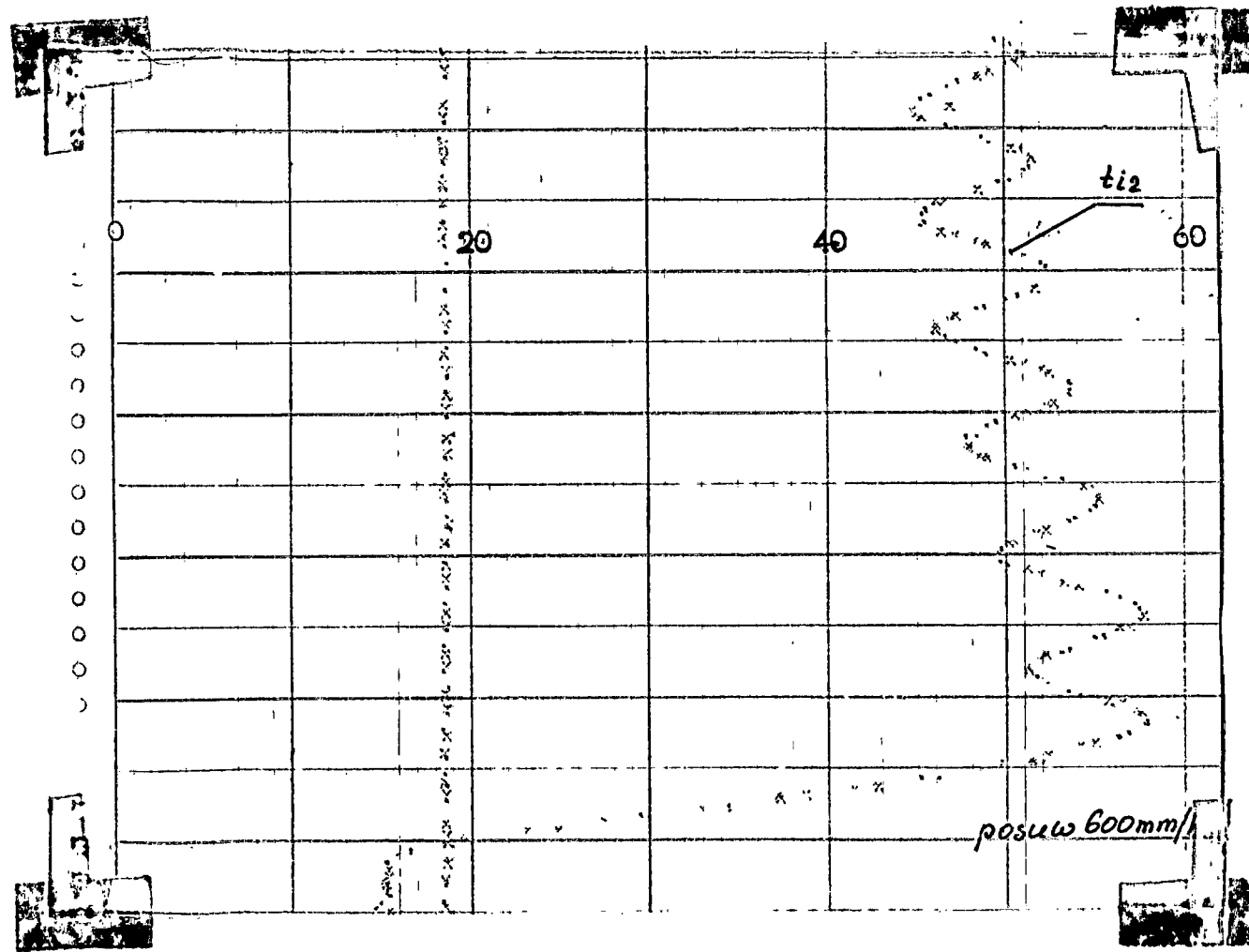
Wykres 22 Stabilizator konfiguracji Tb ; $Q_i = 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$



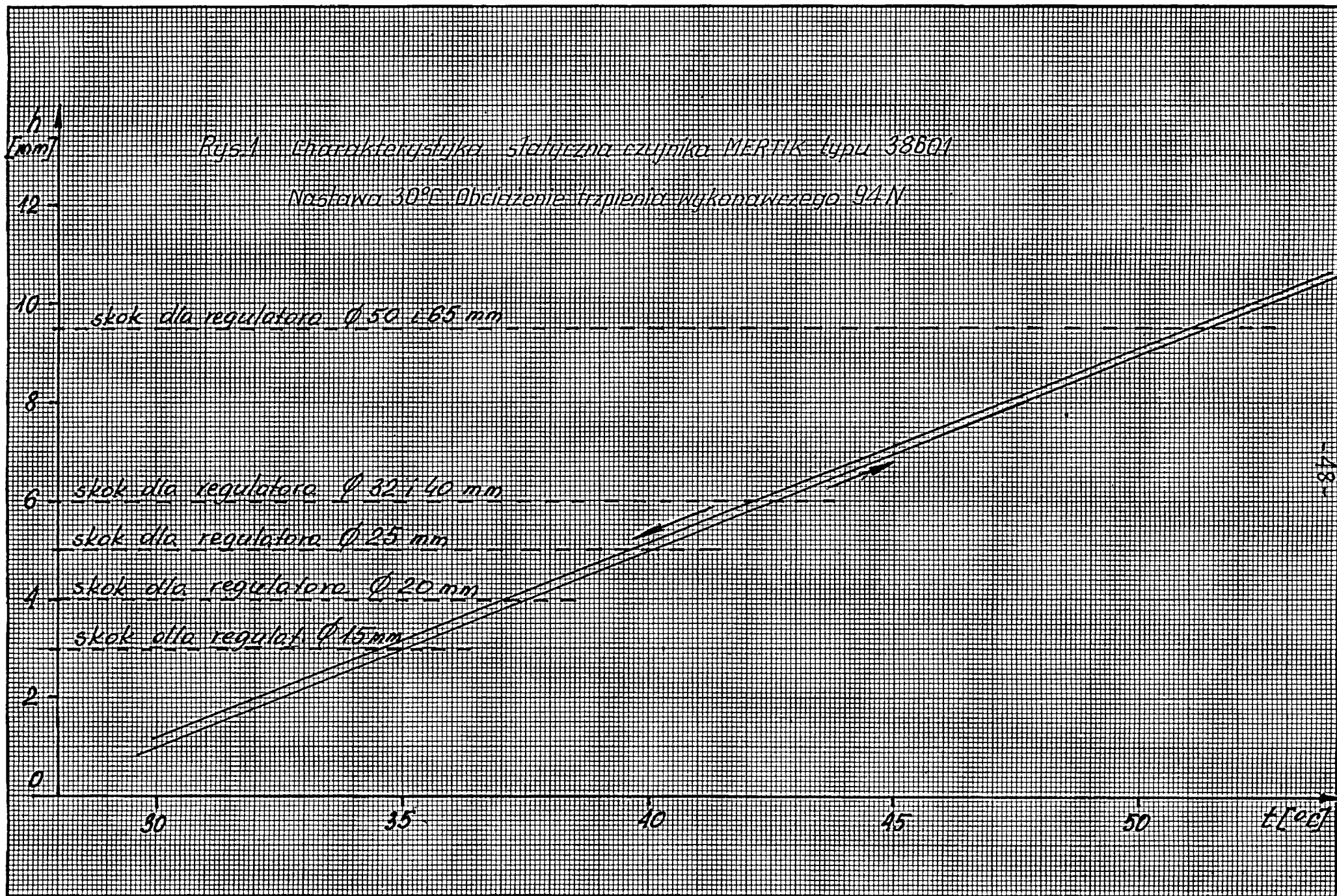
Wykres 23 Stabilizator konfiguracji 7b ; $Q_i = 5,4 m^3/h$



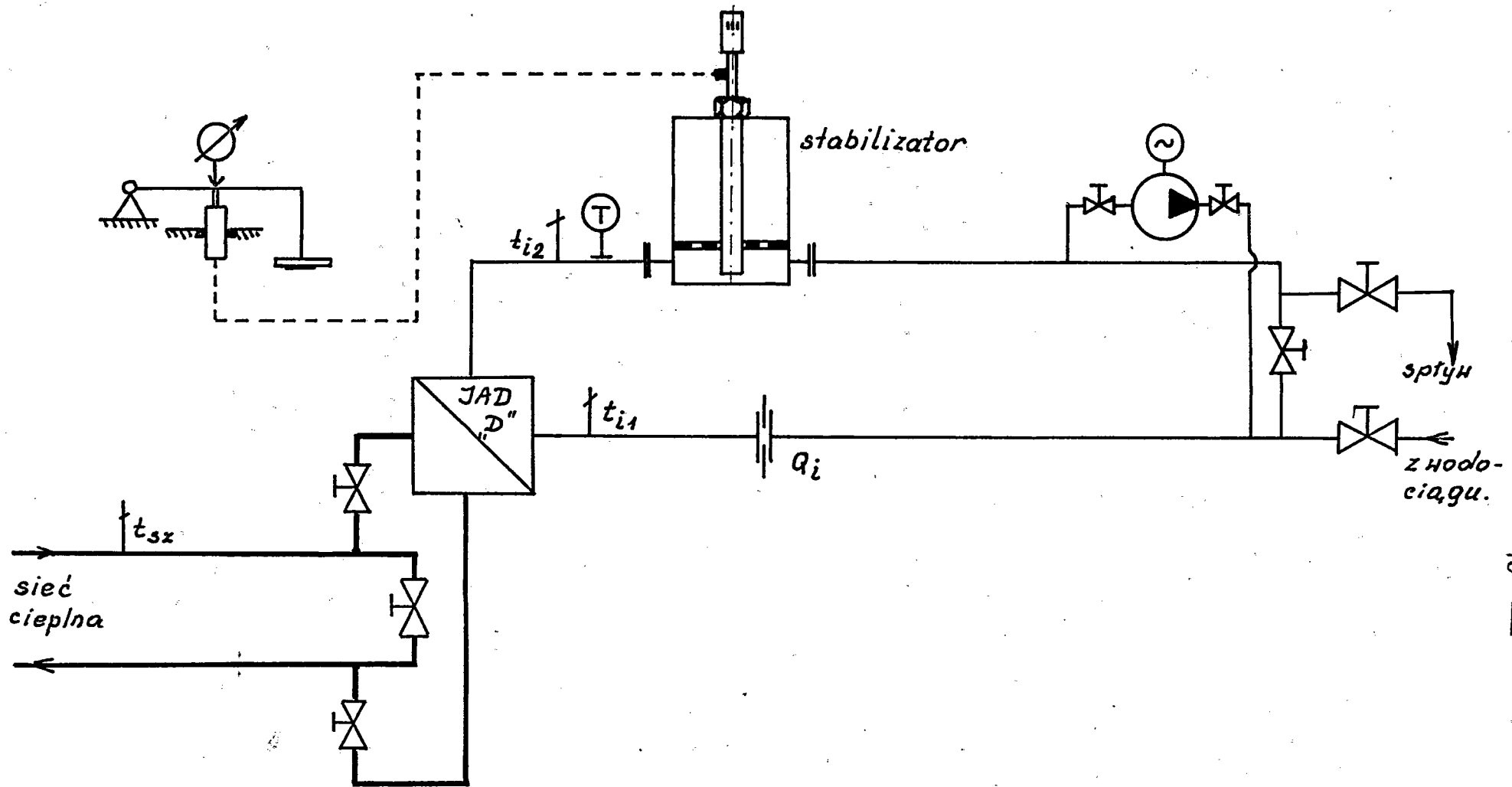
Wykres 24 stabilizator konfiguracji 7b; $Q_i = 2,9 \text{ m}^3/\text{h}$



Wykres 25 Stabilizator konfiguracji 1b ; $Q_i = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

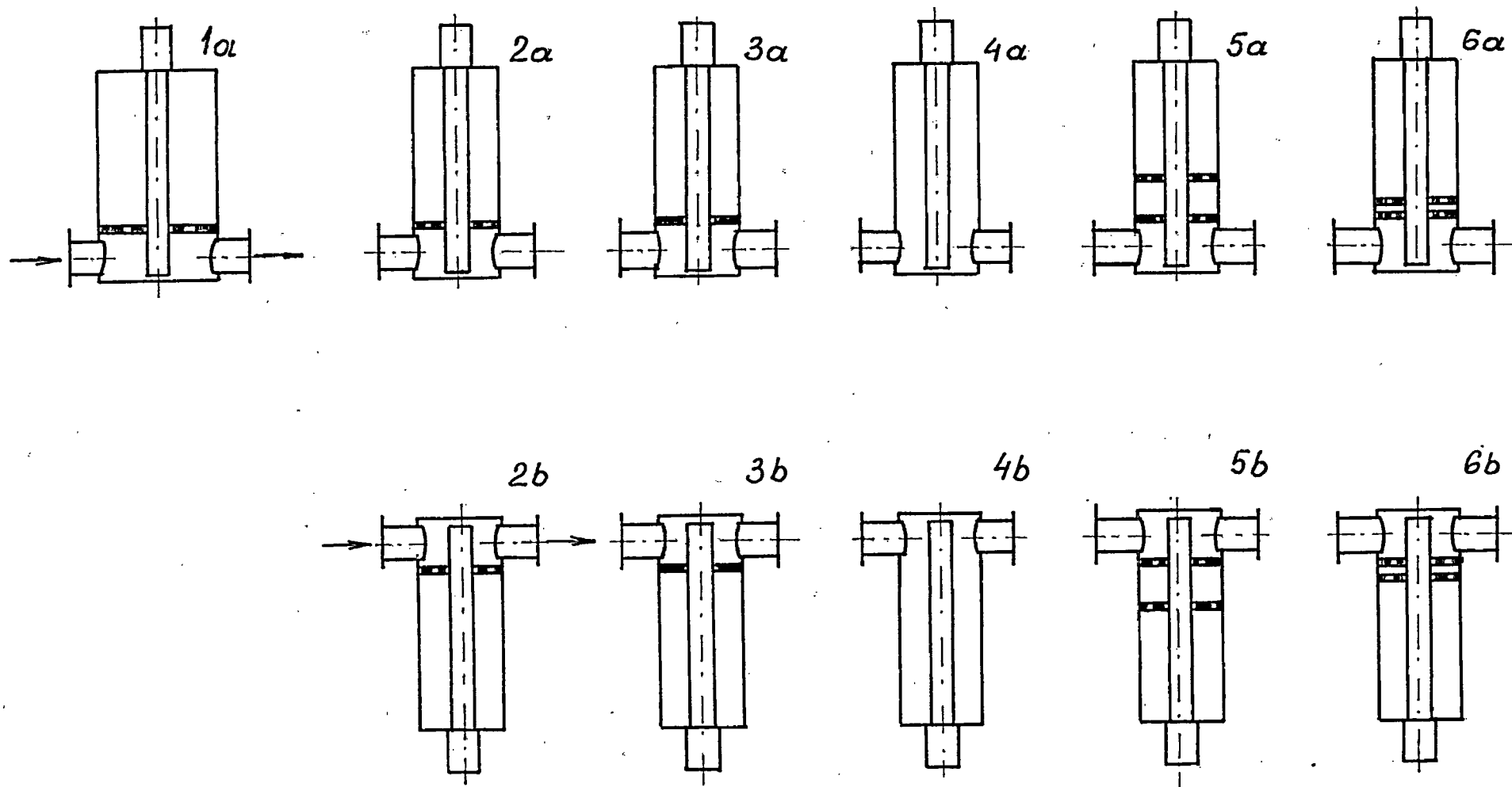


814



Rys. 2 Stanowisko do badania charakterystyki dynamicznej czujnika regulatora temperatury umieszczonego w stabilizatorze.

64

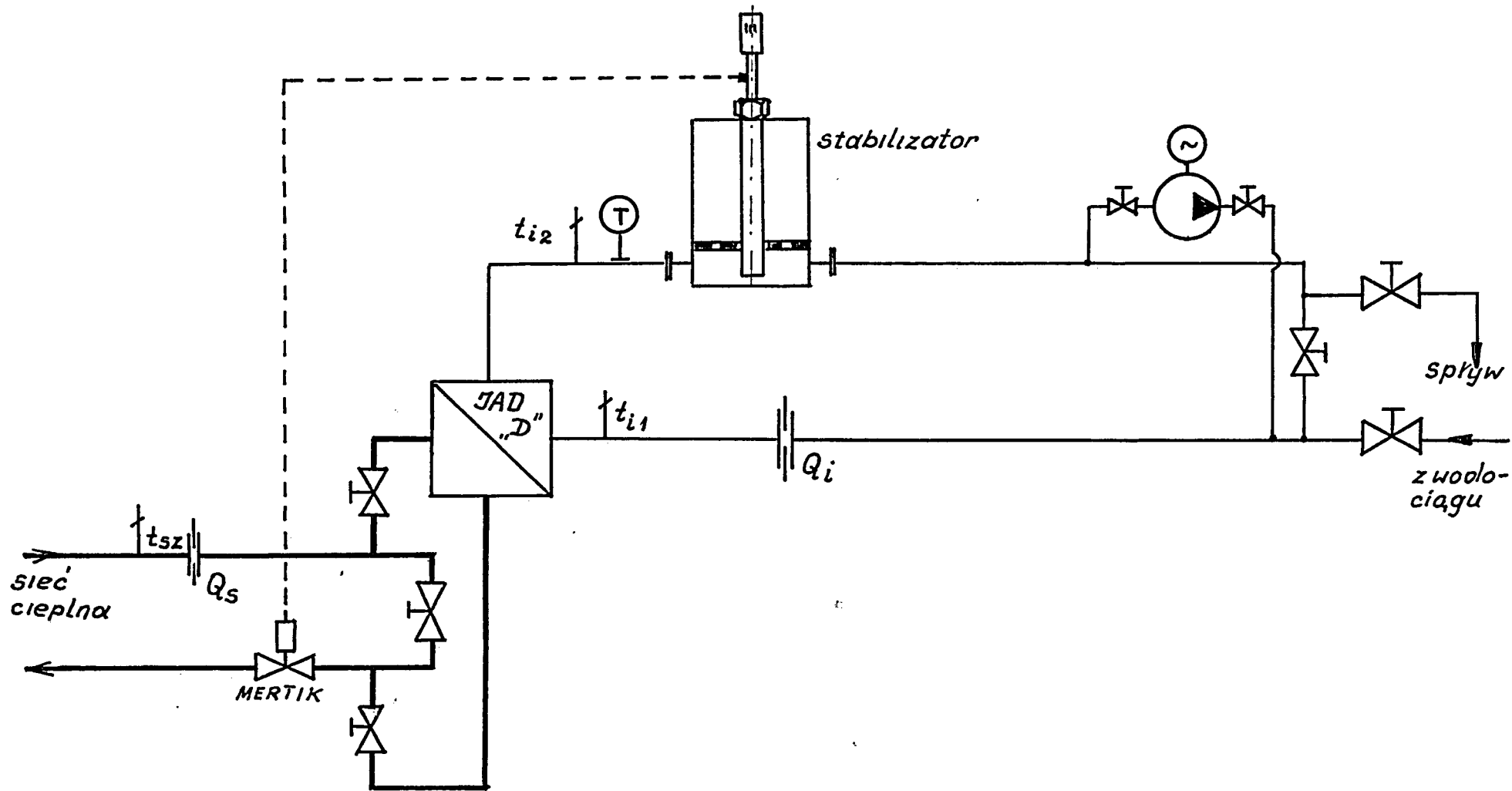


Rys 3 Schematy konfiguracji stabilizatorów podczas badania charakterystyki dynamicznej

50

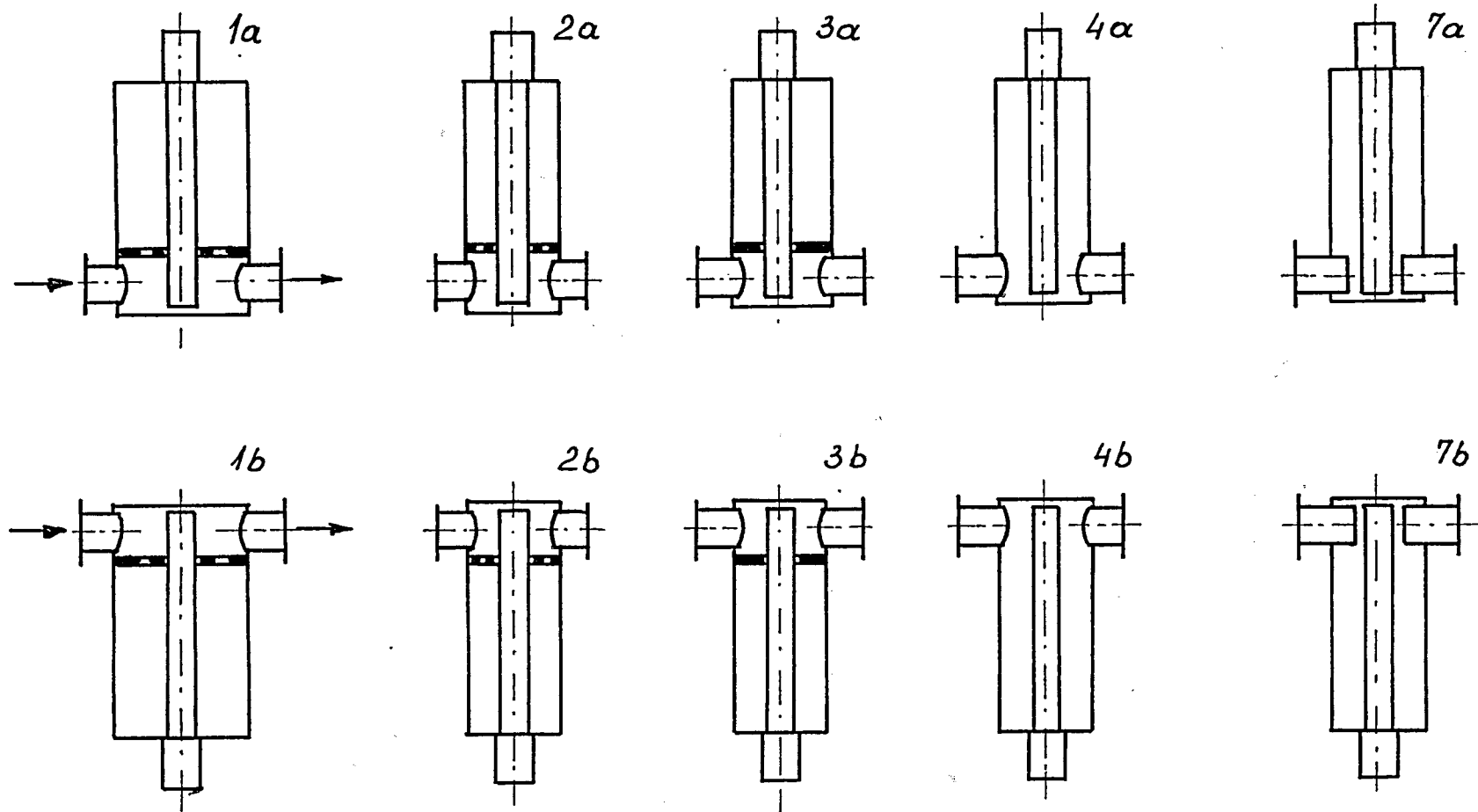


Rys. 4. Charakterystyka dynamiczna czujnika przy różnych konfiguracjach stabilizatora



Rys.5 Stanowisko do badania stabilizatora.

52



Rys.6 Schematy konfiguracji stabilizatorów przy sprawdzaniu stabilności pracy zaworu regulatora

529

STABILNOSC UKŁADÓW AUTOMATYCZNEJ REGULACJI
TEMPERATURY W WEZŁACH CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Rozpowszechnienie w węzłach ciepłej wody użytkowej wysokowydajnych wymienników przepływowych typu JAD i WWB ujawniło w sposób drastyczny problem stabilności układów automatycznej regulacji temperatury w tych węzłach. Oscylacyjne działanie regulatorów, występujące zwłaszcza przy wysokich /powyżej $90 + 100^{\circ}\text{C}$ / temperaturach sieciowej wody zasilającej, powoduje przede wszystkim ich bardzo szybkie zużycie, nie mówiąc już o faktycznym braku stabilizacji temperatury c.w.u. przy takim działaniu. Problem ujawnił się tym drastyczniej, że wprowadzenie wysokowydajnych wymienników zbiegło się z powrotem wody na węzły bezzasobnikowe.

Aby wyjaśnić przyczyny niestabilności układów regulacji temperatury c.w.u. niezbędne jest odwołanie się do podstawowych praw teorii automatycznej regulacji, niestety na ogół nie znanych projektantom i eksploatorom ~~projektującym~~ ~~projektującym~~ węzłów c.w.u., a także wielu racjonalizatorom proponującym mniej lub bardziej natarczywie rozmaite rozwiązania układowe.

Idea układów regulacji automatycznej z ujemnym sprzężeniem zwrotnym zasadza się w tym, że wielkość regulowana, np. temperatura na wyjściu obwodu wtórnego wymiennika, jest sterowana /zmieniana/ zależnie od tzw. sygnału błędu tj. różnicy między żadaną /zadaną, nastawianą/ wartością

zmiennej regulowanej i jej wartością rzeczywistą /rys.1/. Dzięki temu jakiegokolwiek bądź zakłócenia /np. rozbiór c.w.u., wahania ciśnienia dyspozycyjnego w węźle, zmiany temperatury sieciowej zasilania itp./ oddziałujące na wartość rzeczywistą zmiennej regulowanej są korygowane i sygnał błędu zawsze stara się wysterować zmienną regulowaną, tak aby jej wartość była jak najbliższą wartości zadanej, tzn. aby sygnał błędu był równy zeru.

Ten stan rzeczy jest skażony nie tylko wskutek działania zakłóceń, ale również z powodu własności wewnętrznych samej pętli automatycznej regulacji tzn: obiektu regulacji /wymiennika/ i sprzężonego z nim regulatora. Pętlę regulacji można scharakteryzować za pomocą parametrów statycznych i dynamicznych. Podstawowym parametrem statycznym jest tzw. wzmocnienie pętli będące iloczynem nachyleń charakterystyk elementów pętli /wymiennika, regulatora i zaworu regulacyjnego/.

Parametry dynamiczne uwzględniają znany fakt, że żaden obiekt fizyczny nie odpowiada natychmiast na sygnał sterujący czy zakłócający, lecz jego odpowiedź jest opóźniona /przesunięta/ w czasie i rozmyta /narastająca stopniowo/.

Nietrudno sobie wyobrazić, że jeżeli całkowite wzmocnienie pętli przekracza jedność to układ regulacji będzie "gwałtowniej" niż potrzeba reagował na zakłócenia. Ten efekt nie byłby niczym złym gdyby nie było, działających jednocześnie, efektów dynamicznych.

W sytuacji gdy pętla regulacji ma duże wzmocnienie, ale jednocześnie reakcja na zakłócenie powraca do węzła generującego sygnał błędny opóźniona /przesunięta w czasie/ dochodzi do swoistego odwrócenia fazy reakcji tzn. sygnał błędny działa w kierunku przeciwnym niż w danej chwili powinien. Efekt ten jest potęgowany przez czyste opóźnienie transportowe reakcji na zakłócenie, a osłabiany przez rozmycie w czasie tej reakcji wyrażające się tzw. stałą czasową akumulacji.

Odwrócenie fazy reakcji regulatora na zakłócenie objawia się wystąpieniem w pętli regulacji drgań niestabilnych. Ze względu na nieliniowości obiektów objętych pętlą regulacji, a zwłaszcza ograniczenia energetyczne /np. ograniczenie maksymalnego otwarcia zaworu regulacyjnego/, amplituda tych drgań niestabilnych nie rośnie w nieskończoność tzn. aż do katastrofy, lecz w interesujących ciepłowników przypadkach dochodzi do tzw. cyklu granicznego o ustalonej amplitudzie i częstotliwości drgań.

Cechą najbardziej charakterystyczną niestabilnego stanu pracy układu regulacji w cyklu granicznym jest to, że nie reaguje on wówczas na sygnały zewnętrzne, zarówno sterujące jak i zakłócające, lecz drga we własnym rytmie. Oczywiście w takiej sytuacji zmienna regulowana nie może być utrzymywana na żądanym poziomie, lecz oscyluje z amplitudą tym większą im większe jest wzmocnienie obiektu regulacji tzn. im większe jest nachylenie charakterystyki

uzależniającej wielkość regulowaną od sterującej /wyjściowej z regulatora/.

Trzeba podkreślić, że powyższe wyjaśnienie zjawiska niestabilności układów automatycznej regulacji ze sprzężeniem zwrotnym jest bardzo grubym uproszczeniem i nie może służyć za podstawę do badań teoretycznych. Tym nie mniej uwypukla ono podstawową przyczynę powstawania oscylacji w pętli sprzężenia zwrotnego tj. korelację między wzmocnieniem i parametrami dynamicznymi tej pętli prowadzącą do odwrócenia fazy sygnału błędu.

Każdy wymiennik ciepła jest obiektem o czterech wejściach /temperatury, ze wejściowe do obiegu pierwotnego i wtórnego, oraz przepływy w obu obiegach/ i dwóch wyjściach /temperatury wyjściowe w obu obiegach/.

Normalnie chodzi o automatyczną regulację temperatury wyjściowej z obiegu wtórnego, zatem ta właśnie temperatura jest wielkością regulowaną /rys.1/. Druga zmienna wyjściowa /temperatura na wylocie obiegu pierwotnego/ ma charakter wynikowy i nie bywa przedmiotem zainteresowania automatyka; świadczy natomiast o prawidłowym doborze wymiennika w sensie energetycznym. Jako zmienną sterującą /wyjściową z regulatora/ wybiera się zazwyczaj przepływ w obwodzie pierwotnym. Wówczas pozostałe trzy zmienne wejściowe, a ściślej mówiąc ich zmiany /odchylenia od wartości obliczeniowych/ są zakłóceniami, starającymi się wytrącić układ regulacji ze stanu równowagi. Dodatkowym typowym zakłóceniem jest zmiana

ciśnienia dyspozycyjnego w obwodzie pierwotnym oddziaływująca bezpośrednio na zawór regulatora.

Wysokowydajne wymienniki przepływowe typu TAD i WWB charakteryzują się przede wszystkim bardzo stromymi charakterystykami statycznymi /zależnościami funkcyjnymi temperatury wyjściowej z drugiego obiegu od przepływu przez obieg pierwotny/ i ponadto dużą wrażliwością tych charakterystyk /tzn. zmiennością ich nachylenia/ w zależności od zmian temperatur wejściowych i zwłaszcza zmian przepływu wtórnego /przez płaszcz/.

W typowych warunkach eksploatacji wymienników II stopnia c.w.u. zmiany nachylenia charakterystyki statycznej, czyli po prostu zmiany wzmocnienia wymiennika mogą być kilkudziesięciokrotne.

Ze zmianami własności obiektu w tak szerokim zakresie nie poradzi sobie żaden ze znanych typów regulatorów przemysłowych. Dlatego niezbędne są zabiegi o charakterze zmian technologicznych w obiekcie, które pozwolą ograniczyć zakres zmienności jego charakterystyk.

Przed przystąpieniem do szczegółowego omówienia problemów właściwego doboru układów regulacji II st.c.w.u. niezbędne jest wyjaśnienie sprawy regulacji automatycznej w wymienniku I st. c.w.u. węzłów dwustopniowych.

Taka regulacja jest sprzeczna z samą zasadą podgrzewu dwustopniowego, gdzie pierwszy stopień jest wstępnym, a drugi szczytowym i właśnie dostawa ciepła w szczycie powinna być automatycznie dostrajana.

Tym nie mniej nieustannie odzywają pomysły regulacji I stopnia, przy czym argumentuje się to w ten sposób, że w okresach bardzo niskich temperatur zewnętrznych sam pierwszy stopień może wywołać przegrzewy c.w.u.

Tak jest istotnie z tym, że może to mieć miejsce przez kilka nocy w sezonie ogrzewczym, o ile rzecz jasna węzeł jest prawidłowo zaprojektowany, Już z tej przyczyny stosowanie dodatkowego układu automatyki dla usuwania incydentalnych przegrzewów jest raczej rozrzutnością. Istnieje jednak powód znacznie istotniejszy sprawiający, że stosowanie automatycznej regulacji temperatury na wyjściu I st. c.w.u. jest po prostu błędem w sztuce inżynierskiej.

Mianowicie w znanych układach technologicznych przepływ w obwodzie wtórnym wymiennika I st. c.w.u., równy rozbirowi tej wody, może spadać do zera co oznacza, że wzmocnienie wymiennika może rosnać do nieskończoności. Zatem taki układ musi działać niestabilnie.

Uparci zwolennicy regulacji automatycznej w I stopniu c.w.u., aby uniknąć niestabilnej pracy regulatora umieszczają jego zawór przelotowy na boczniku wymiennika, a czujnik bądź na wyjściu II st. c.w.u. /rozwiązanie MPGC-Wrocław/, bądź w dodatkowym zbiorniku mieszającym wodę z I stopnia z wodą cyrkulacyjną /rozwiązanie WPEC-Legnica/.

W obu tych przypadkach co prawda poprawiają się warunki stabilności ~~wskutek~~ układu, ale jego skuteczność jest iluzoryczna. Zwłaszcza taki układ nie może chronić przed przegrzaniem od I stopnia z uwagi na umieszczenie zaworu

regulacyjnego w boczniku /przepływ przez obwód pierwotny wymiennika w takim przypadku przy całkowicie otwartym zaworze na boczniku spada faktycznie nieznacznie/. Ponadto wprowadzenie automatycznej regulacji I st. c.w.u. powoduje włączenie dodatkowego stopnia w kaskadę zaworów regulacyjnych węzła. Jest rzeczą powszechnie znaną automatykom, że takie kaskadowe umieszczenie zaworów regulacyjnych sprzyja niestabilnej pracy wszystkich obwodów automatycznej regulacji w węźle, gdyż te obwody wzajemnie sobie przeszkadzają. Zatem należy z naciskiem odradzać automatyzowania I stopnia c.w.u., gdyż jest to rozrzutność z ekonomicznego punktu widzenia oraz błąd z technicznego punktu widzenia.

Jak wspomniano wcześniej, pogląd o konieczności stosowania automatycznej regulacji na pierwszym stopniu c.w.u. jest szczególnie rozpowszechniony w MPGC Wrocław. Argumentem naczelnym tam używanym są częste przypadki rozszczelniania układu manometrycznego regulatorów Mertik instalowanych na drugim stopniu c.w. Tłumaczy się to rozszczelnienie przegrzewami od I stopnia, powodującymi uszkodzenie mechanizmu przegrzania regulatora.

Nietrudno po pobieżnej choćby analizie skonstatować, że przegrzew od pierwszego stopnia c.w. w nawet najmniej korzystniejszych warunkach nie spowoduje wzrostu temperatury c.w. w miejscu zainstalowania czujnika Mertika powyżej 70°C, a więc o 15°C powyżej wartości zadanej regulatora.

Dopuszczalny przegrzew w Mertikach wynosi 50°C .

W celu wyjaśnienia tej oczywistej sprzeczności propaguje się nawet teorię, że regulatory Mertik są odporne "na przegrzew 50°C ale "dynamiczny", czyli chwilowy, natomiast nieodporne na nawet kilkustopniowy przegrzew statyczny, czyli długotrwały.

Przyjrzenie się uważne konstrukcji mechanizmu zabezpieczającego przed przegrzewem w regulatorach Mertik /i innych regulatorach temperatury bezpośredniego działania/ wyjaśnia bezzasadność tego podziału na odporność "dynamiczną" i "statyczną".

Bezpośrednią przyczyną zadziałania mechanizmu przegrzewu jest wzrost ciśnienia w układzie manometrycznym czujnika, wywołany dojściem zawieradła zaworu do położenia krańcowego. Mechanizm zabezpiecza regulator dotąd, dopóki rosnące ciśnienie nie spowoduje zblokowania sprężyny; później przyrost ciśnienia jest dużo gwałtowniejszy i dochodzi w końcu do rozszczelnienia układu manometrycznego. Oczywiście w prawidłowych warunkach eksploatacji to ciśnienie jest proporcjonalne do temperatury w otoczeniu czujnika i zblokowanie sprężyny zachodzi przy wzroście tej temperatury o 50°C powyżej wartości zadanej regulatora, a więc przy temperaturze 105°C .

Jest rzeczą od lat znaną ciepłownikom, którzy w swoim czasie formułowali bardzo ostre wymagania techniczne dla krajowych regulatorów BTO, że główną przyczyną wzrostu temperatury w otoczeniu czujnika jest przeciek nieregulowany w zaworze regulatora, przez który w warunkach braku rozbioru

c.w. dostarczane jest do wymiennika II stopnia zbyt duże ciepło. Przy określonych właściwościach zaworu ratunkiem przed przegrzewem od przecieku nieregulowanego jest zwiększenie cyrkulacji przez obwód wtórny wymiennika, łatwe w węzłach zasobnikowych i w omówionych dalej węzłach bezzasobnikowych z pompą mieszającą-cyrkulacyjną. We wrocławskich węzłach szeregowo-szeregowych bezzasobnikowych stosowane są Mertiki z zaworami trójdrogowymi, charakteryzującymi się z natury rzeczy znacznie większymi przeciekami nieregulowanymi niż zawory dwudrogowe i na domiar złego stosuje się tam klasyczny układ bezzasobnikowy z minimalną cyrkulacją. Ten zbieg dwóch niekorzystnych okoliczności jest pierwszą z głównych przyczyn awarii układów manometrycznych w Mertikach.

Druga główna przyczyna wynika ze specyfiki samych Mertików. Otóż z uwagi na duże skoki zaworów w tych regulatorach /dwa/, a nawet trzykrotnie większe niż w krajowych BTO/ bardzo rozbudowany jest siłownik mieszkowy napędzający zawieradło zaworu i dlatego znajduje się w nim spora porcja cieczy manometrycznej. W warunkach ciągłego przepływu czynnika grzewczego o wysokich parametrach przez zawór trójdrogowy ciecz manometryczna w siłowniku nagrzewa się od zaworu i, pomijając fakt wprowadzania stąd błędów regulacji, w warunkach braku rozbioru powoduje dodatkowy, zupełnie niekontrolowany wzrost ciśnienia manometrycznego.

Dla uniknięcia tego efektu powinno się w węzłach z zaworami

trójdrogowymi używać specjalną odmianę Mertików z dławnicami radiacyjnymi, przystosowaną do pracy w warunkach wysokich temperatur czynnika regulującego.

Powyższe obszernie omówienie przyczyn awarii regulatorów Mertik w szeregowo-szeregowych węzłach bezzasobnikowych zamieszczono po to, aby oprócz podania sposobów zapobieżenia im, tym bardziej podkreślić nieporozumienia, które są przyczyną upartego propagowania automatycznej regulacji pierwszego stopnia c.w., a także dla zwrócenia uwagi na to, że omawiane dalej sposoby polepszenia stabilności układów regulacji II stopnia c.w. w sposób naturalny niwelują niebezpieczeństwo uszkodzeń układu manometrycznego.

Przechodząc do problemów automatyzacji drugiego stopnia c.w.u. również z naciskiem trzeba podkreślić niezbedność wykluczenia układów z regulatorami dwustawnymi temperatury ze zbioru właściwych rozwiązań.

Regulatory dwustawne mają charakterystyki statyczne o nieskończenie dużym wzmocnieniu, oczywiście z ograniczeniem energetycznym /tzw. charakterystyki przekaźnikowe/.

Zatem układy regulacji z takimi regulatorami pracują z natury rzeczy w cyklu granicznym i dlatego te regulatory nadają się wyłącznie do obiektów o bardzo małym wzmocnieniu, bardzo małym opóźnieniu transportowym i dużej stałej czasowej rozmycia /dużej akumulacyjności/.

Wówczas cykl graniczny ma małą amplitudę i długi okres co czyni taką regulację sensowną, a jest ona jednocześnie bardzo tania.

Stąd rozpowszechnienie regulacji dwustawnej w elektrotermii. Jest ona poprawna w przypadku wymienników pojemnościowych, a także w przypadku układów regulacji c.o. ze sprzężeniem od temperatury wewnątrz pomieszczeń.

Natomiast jest błędem stosowanie regulacji dwustawnej do wymienników przepływowych c.w.u. Otrzymuje się wówczas cykle graniczne o amplitudzie do kilkudziesięciu stopni i okresie rzędu minut. Błąd jest jeszcze drastyczniejszy, gdy jako elementy wykonawcze stosuje się zawory z napędami silnikowymi /np. typu Klimact/ zupełnie nie przewidzianymi do takiego użytkowania i wręcz błyskawicznie ulegającymi awariom. Niestety te błędy ciągle jeszcze są powszechne w kraju. /WPEC-Poznań, WPEC-Szczecin/.

Właściwe rozwiązania powinny opierać się na regulatorach ciągłego działania lub quasi-ciągłego działania /krokowych/, gdyż tylko wówczas jest możliwe stosowanie dość szerokiego wachlarza zabiegów umożliwiających uzyskanie stabilnej pracy regulatorów i jednocześnie zadawalającej dokładności regulacji temperatury.

Zabiegi te można podzielić na dwie grupy: odnośnie do obiektu regulacji i odnośnie do samego regulatora. W pierwszym przypadku chodzi o zastosowanie takiego układu technologicznego, który w sposób znaczący zmniejsza wzmocnienie wymiennika i zmniejsza zakres zmienności tego wzmocnienia wywołanej działaniem zakłóceń.

W drugim przypadku chodzi przede wszystkim o wybór właściwego typu i wymiaru zaworu regulacyjnego, oraz o wybór

64

algorytmu regulacji, czyli faktycznie typu regulatora.

Spośród czterech głównych zakłóceń działających na układ regulacji /rys.1/ nie ma się wpływu na zmiany sieciowej temperatury zasilania, gdyż wynikają one z wykresu regulacyjnego. Wahania temperatury wody wchodzącej do obiegu wtórnego zmniejszają się w sposób naturalny z chwilą wprowadzania cyrkulacji wymuszonej. Zwiększanie cyrkulacji leży w interesie zmniejszenia wahań przepływu przez obieg wtórny, zatem te same zabiegi ograniczają szkodliwy wpływ obu zakłóceń. Wahania ciśnienia dyspozycyjnego można zminimalizować znanym sposobem - przez zastosowanie regulatora BRU zamiast kryzy w przyłączy węzła do sieci.

Wymienniki typu JAD czy WWB są najbardziej wrażliwe na zmiany przepływu wtórnego i dlatego podstawowym warunkiem zapewnienia stabilnej pracy układów regulacji tych wymienników, bez wprowadzania istotnych zmian schematu technologicznego w znanych węzłach, jest zapewnienie stałego przepływu przez obwód wtórny. Przy czym układ jest tym stabilniejszy im przepływ większy. W węzłach zasobnikowych warunek ten jest spełniany dzięki pompie ładująco-cyrkulacyjnej, ale jej wydajności nie można zwiększać nadmiernie, bo prowadzi to do wyłączenia z pracy zasobnika, który nie ma wówczas możliwości rozładowywania się. Dodatkowo zasobnik powoduje wygładzenie zakłóceń pochodzących wprost od zmiennego rozbioru c.w.u. z uwagi na swoje własności akumulacyjne. Tak więc znane układy technologiczne węzłów zasobnikowych sprzyjają stabilnej pracy układów

regulacji minimalizując zmienność wzmocnienia wymiennika, a także wygładzając przebieg zakłóceń oddziałujących na układ.

Nie można tego niestety powiedzieć o klasycznym układzie bezzasobnikowym, wyposażonym wyłącznie w małą pompę cyrkulacyjną o wydajności stanowiącej kilka do kilkunastu procent maksymalnego rozbioru. Przepływ przez obwód wtórny zmienia się w takim ^{układzie} w zakresie od tego minimum do maksymalnego rozbioru w rytm gwałtownych zmian tego rozbioru. Powoduje to tak znaczne i szybkie wahania wzmocnienia pętli regulacji, oraz wystąpienie tak dużej wartości tego wzmocnienia przy zerowym rozbiorze c.w.u., że żaden ze znanych regulatorów przemysłowych nie będzie tutaj poprawnie pracował, zwłaszcza przy wysokich temperaturach zasilania w sieci. Znana i niestety wciąż rozpowszechniana propozycja wrocławskiego POSTEORU, polegająca na dodaniu do klasycznego węzła bezzasobnikowego tzw. zbiornika stabilizacyjnego, w którym umieszcza się czujnik regulatora jest nieporozumieniem. Dodanie tego zbiornika nie zmienia charakterystyki wymiennika, natomiast wydłuża czas opóźnienia transportowego i stałą czasową rozmycia. Skutkiem tego są wprawdzie wolniejsze, ale za to bardziej intensywne oscylacje temperatury. Podkreślić należy, że ostatnie stwierdzenie jest nie tylko wnioskiem z rozważań teoretycznych, ale przede wszystkim wynikiem różnych badań eksploatacyjnych. Mimo to układ jest nadal rozpowszechniany - ostatnio w SPEC.

Istnieje możliwość poprawnego rozwiązania układu regulacji węzła bezzasobnikowego c.w.u. bez zmiany rozwiązania technologicznego po stronie wtórnej /tzn. z pozostawieniem zmienności przepływu wtórnego/.

Należy w tym celu wprowadzić stabilizację przepływu po stronie pierwotnej, a więc zamiast przepływem sterować temperaturą na wejściu do obwodu pierwotnego wymiennika. Jest to możliwe, jeżeli zastosuje się w obwodzie pierwotnym układ zmieszania pompowego i trójdrogowy mieszający zawór regulatora /rys.2/. Ten układ stosuje w swoich projektach znana zachodnio-berlińska firma Kiebackund Peter. Rozwiązanie to zapewnia stabilne charakterystyki obiektu - zatem jest poprawne z technicznego punktu widzenia, ale jest dość skomplikowane. Trzeba w nim zastosować dwie pompy /cyrkulacyjną w obwodzie wtórnym i mieszającą w obwodzie pierwotnym/, oraz zawór mieszający regulatora, drższy i trudniej dostępny w kraju niż popularne zawory przelotowe. Dlatego należy wątpić czy układ taki rozpowszechni się, w tym bardziej, że jest możliwe znacznie prostsze i również poprawne rozwiązanie węzła bezzasobnikowego.

Schemat takiego układu pokazano na rys.3.

Układ węzła bezzasobnikowego z rys.3. pod względem połączeń rurociągów i rozplywu wody jest podobny do węzła zasobnikowego z tym, że w miejsce zasobnika /w sensie schematycznym oczywiście/ wprowadza się komorę pomiarową, będącą odpowiednio ukształtowanym trójkątem. Podobnie jak w węzłach zasobnikowych występująca tutaj pompa mieszająca -

- cyrkulacyjna zapewnia stały przepływ przez obwód wtórny wymiennika, czyli stabilizuje charakterystyki obiektu regulacji. Komora pomiarowa powinna być umieszczona jak najbliżej wymiennika. Najlepiej gdy jest bezpośrednio przyłączana do kolektora wyjściowego co zapewnia minimalizację opóźnienia transportowego w pętli.

Wydajność pompy mieszająco - cyrkulacyjnej powinno dobierać się tak, aby przy maksymalnym rozbiórze i minimalnej temperaturze zasilania sieciowego temperatura w strefie zmieszania komory pomiarowej nie była niższa od dopuszczalnej np. od 45°C.

Zatem wydajność ta powinna się plasować na poziomie 70 + 80% maksymalnego rozbioru. Natężenie przepływu cyrkulacyjnego przy zerowym rozbiórze można dobrać przez odpowiednie dostrojenie oporności przewodu mieszającego do oporności instalacji wewnętrznej przy zerowym rozbiórze.

Dotychczas opisane sposoby dostosowania układu technologicznego węzła do wymagań poprawnej pracy pętli regulacji automatycznej nie gwarantują sukcesu. Niezbędne jest również staranne dobranie regulatora.

Nie rozpatruje się tutaj szczegółów doboru zaworu regulacyjnego, gdyż są to zagadnienia powszechnie znane projektantom. Trzeba tylko zaznaczyć, że zawory o wewnętrznej charakterystyce stałoprocentowej są korzystniejsze w tych zastosowaniach od zaworów o charakterystyce proporcjonalnej. Przyczyna tkwi w tym, że charakterystyka robocza zaworu stałoprocentowego w zakresie małych otwarć /wysokich

temperatur zasilania i małego rozbioru c.w.u./ ma zawsze znacznie mniejsze nachylenie niż charakterystyka robocza zaworu proporcjonalnego o tym samym współczynniku przepływu. Tak więc układy z zaworami stałoprocentowymi mają tendencję do stabilniejszej pracy. Niestety najpopularniejsze w tych zastosowaniach regulatory proporcjonalne bezpośredniego działania /np.Mertiki/ mają z reguły zawory o charakterystykach proporcjonalnych, co wynika ze względów konstrukcyjnych. Zatem w praktyce zawory stałoprocentowe można stosować tylko w elektronicznych układach regulacji z napędami silnikowymi. Są to z reguły regulatory krokowe PI /np.krajowy RG-5/.

W ten sposób wywód został doprowadzony do ostatniej zasadniczej kwestii, a więc do wyboru algorytmu regulacji i co za tym idzie - typu regulatora. Praktycznie wchodzi tutaj w grę tylko dwa typy regulatorów wymienione wyżej tzn. albo proporcjonalne bezpośredniego działania, albo elektroniczne krokowe PI z siłownikami stałoprędkościowymi. Te dwa typy są powszechnie stosowane w układach regulacji c.w.u. na całym świecie.

Regulatory proporcjonalne bezpośredniego działania mają szereg zalet, zwłaszcza w warunkach krajowych. Są to: taniość, prostota obsługi, na ogół wyższa od układów elektronicznych niezawodność i większą trwałość. Wady główne są dwie:

- mała dokładność regulacji temperatury z uwagi na wynikający z zasady działania ustalony błąd regulacji równy w skrajnym przypadku zakresowi proporcjonalności;
- kłopoty ze stabilnością w układach regulacji TAD-ów i WWB występujące mimo spełnienia wyżej opisanych wymagań układowych i wywołane między innymi niekorzystnymi charakterystykami przepływowymi zaworów.

Pierwszą z tych wad można sobie darować, gdyż wymagania odnośnie do dokładności regulacji temperatury c.w.u. faktycznie wcale nie muszą być duże. Istotną sprawą jest jak wiadomo zapewnienie ograniczenia tej temperatury od góry, natomiast jej zmiany w zakresie nawet $45 \pm 55^{\circ}\text{C}$ wydają się dopuszczalne.

Nie do przyjęcia jest natomiast druga wada, ale na szczęście znaleziono sposób jej usunięcia przez umieszczenie czujnika regulatora w komorze pomiarowej ~~regulatora~~ specjalnego kształtu. Rzecz w tym, iż warunki stabilnej pracy pętli regulacji z regulatorem bezpośredniego działania poprawiają się wyraźnie, gdy zwiększy się ^{do} wartości rzędu kilku minut stałą czasową czujnika ale pod warunkiem, że nie zwiększy się jednocześnie opóźnienia transportowego w pętli. Ten skutek można lapidarnie wyjaśnić w ten sposób, że dla szybkiego wymiennika stosowny jest skuteczniej działający regulator /faktycznie większa stała czasowa czujnika wytłumia amplitudę sygnału sprzężenia zwrotnego i dlatego poprawia stabilizację/.

To wydłużenie stałej czasowej bez zwiększenia opóźnienia transportowego uzyskuje się umieszczając czujnik w komorze pomiarowej, której szkic pokazano na rys.4.

Dla wydłużenia stałej czasowej wykorzystano tutaj akumulację ciepła w części komory nad przeponą; natomiast zanurzenie końca czujnika w strumieniu mieszanym /rozdzielającym zapewnia niewydłużenie opóźnienia transportowego ponad wartość własną czujnika.

W przypadku zastosowania komory pomiarowej do węzła wg schematu z rys.2, lub węzła zasobnikowego liczba króćców redukuje się do dwóch i powinny one być rozmieszczone przelotowo.

Zastosowanie w układzie krokowego regulatora elektronicznego /np. RG-5/ w miejsce regulatora bezpośredniego działania nie wymaga użycia komory pomiarowej z akumulacyjnością.

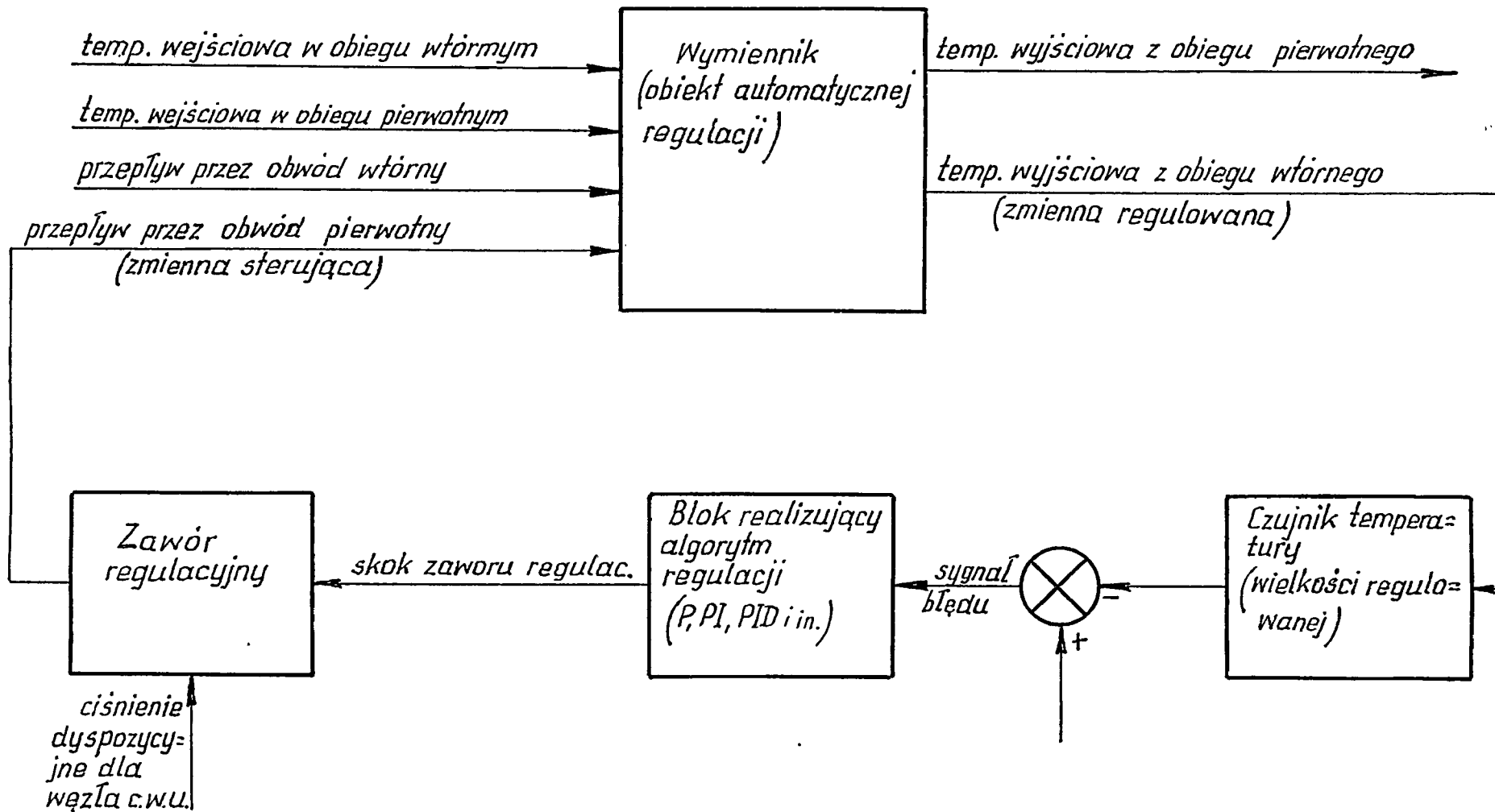
Czujnik oporowy /zwykle Pt 100/ tego regulatora należy umieszczać wprost w kolektorze w przypadku węzłów zasobnikowych lub wg rys.2, albo w prostym trójkątnym mieszającym rozdzielającym w przypadku węzła wg rys.3.

Trzeba jednak podkreślić, że regulatory elektroniczne /w komplecie tzn. z siłownikiem, zaworem i czujnikiem/ są kilkakrotnie droższe od regulatorów bezpośredniego działania. Ponadto w krajowych warunkach wykazują większą zawodność.

Ważne jest również, że regulatory PI są bardzo wrażliwe na zmiany wzmocnienia obiektu. Zatem nastawy dynamiczne regulatora /zakres proporcjonalności i czas zdwojenia/ dobrane np. do zimowych warunków pracy regulatora są niewłaściwe w okresie letnim i odwrotnie.

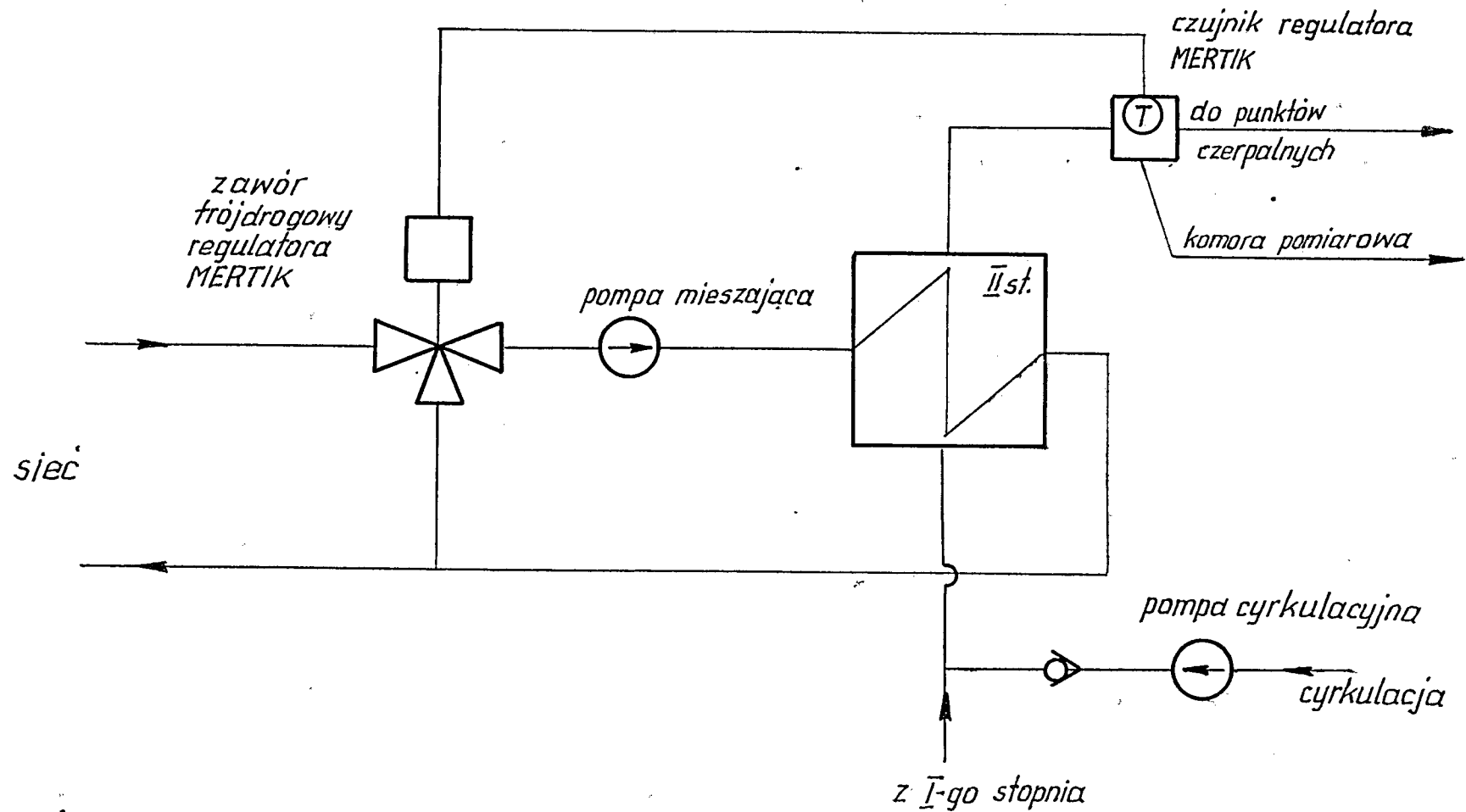
Wynika z tego konieczność co najmniej dwukrotnego w ciągu roku przestrajania nastaw dynamicznych. Jak więc widać regulatory elektroniczne są również kłopotliwsze w obsłudze od zwykłych prostych regulatorów bezpośredniego działania. Zapewniają natomiast znacznie wyższą dokładność regulacji temperatury i co trzeba podkreślić - znacznie wyższą niż

potrzebna w układach c.w.u.



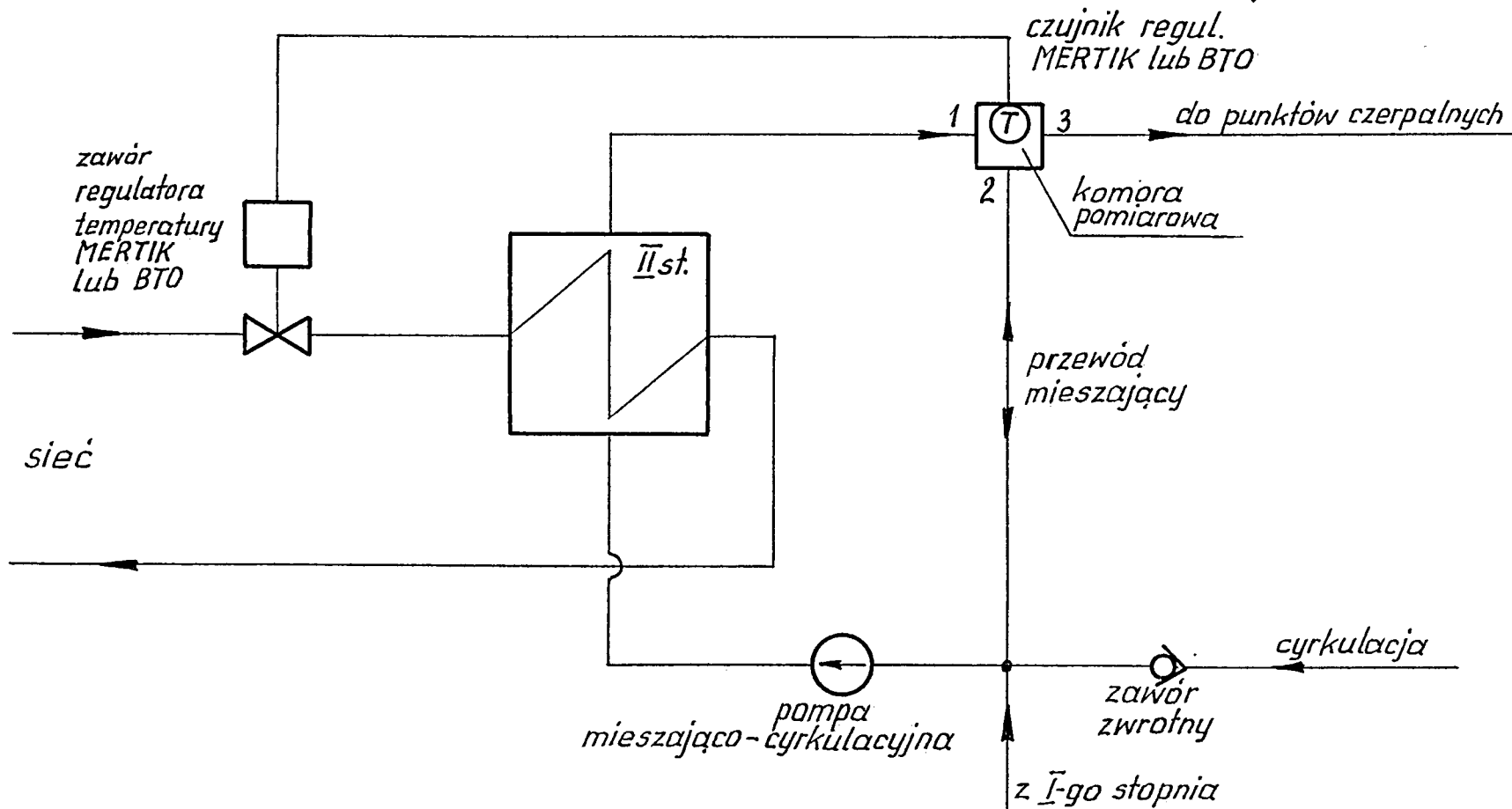
Rys.1. Ogólny schemat blokowy układu automatycznej regulacji temperatury w wymienniku

5/17

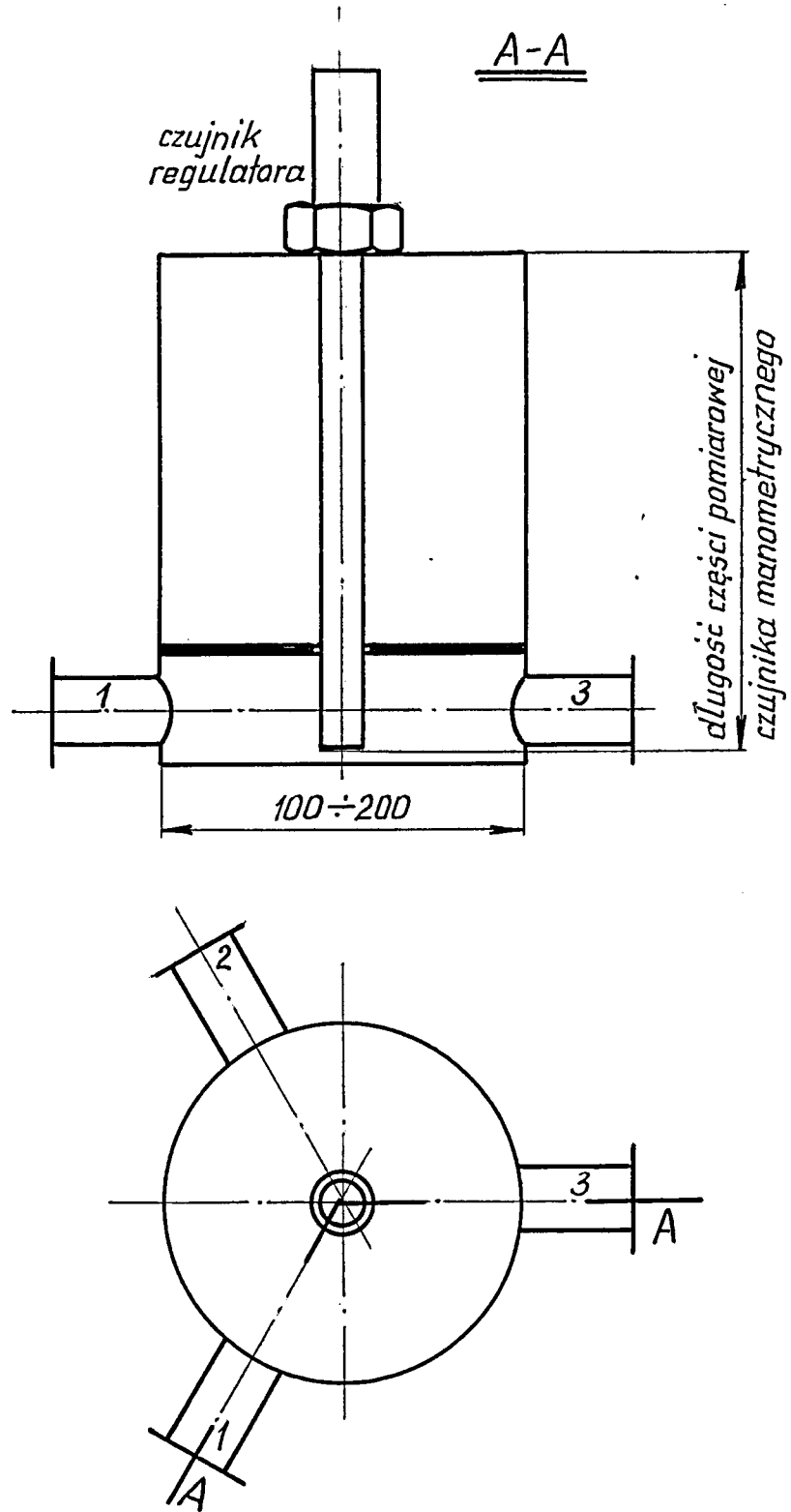


Rys. 2. Schemat węzła bezzasobnikowego c.w.u. ze zmieszaniem pompowym w obwodzie pierwotnym (wg firmy Kiebeck und Peter)

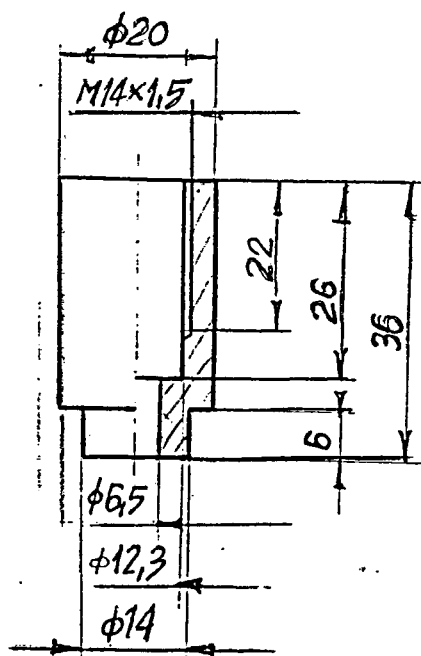
44



Rys. 3 Schemat węzła bezzasobnikowego c.w.u. z pompą mieszająco-cyrkulacyjną (propozycja OBRC-SPEC)



Rys.4. Schemat komory pomiarowej dla węzła bezzasobnikowego



Ostre krawędzie stopio

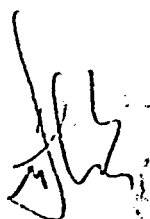
nr części 9



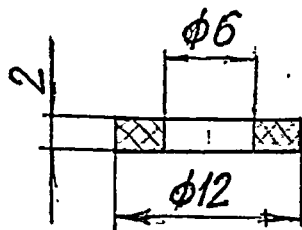
Króciec

szt. 6

materiał St. 9



17



Uszczelka

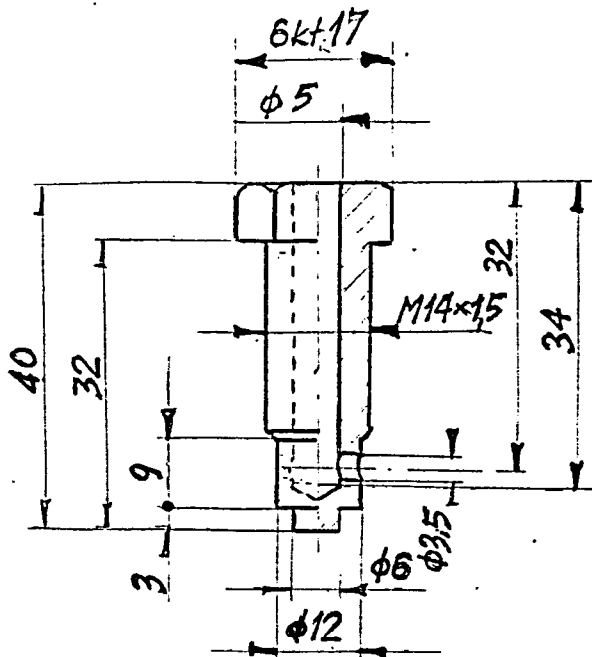
szt. 6

nr części 10

Mat. klingeryt $\neq 2$

podziałka 2:1

wykonał Gajda



nr. czesci 8

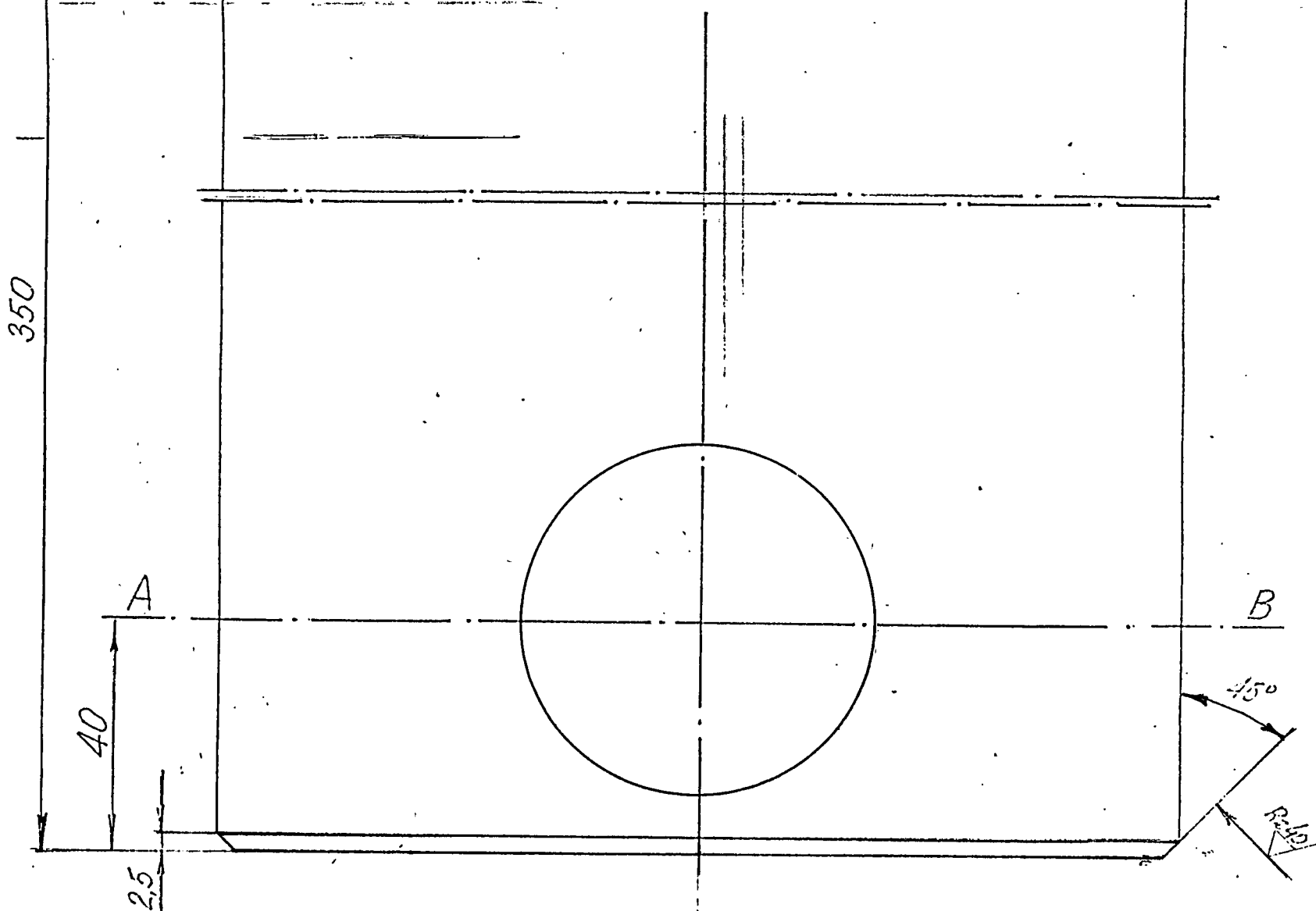
$\frac{2,5}{\nabla}$

Zaslepka

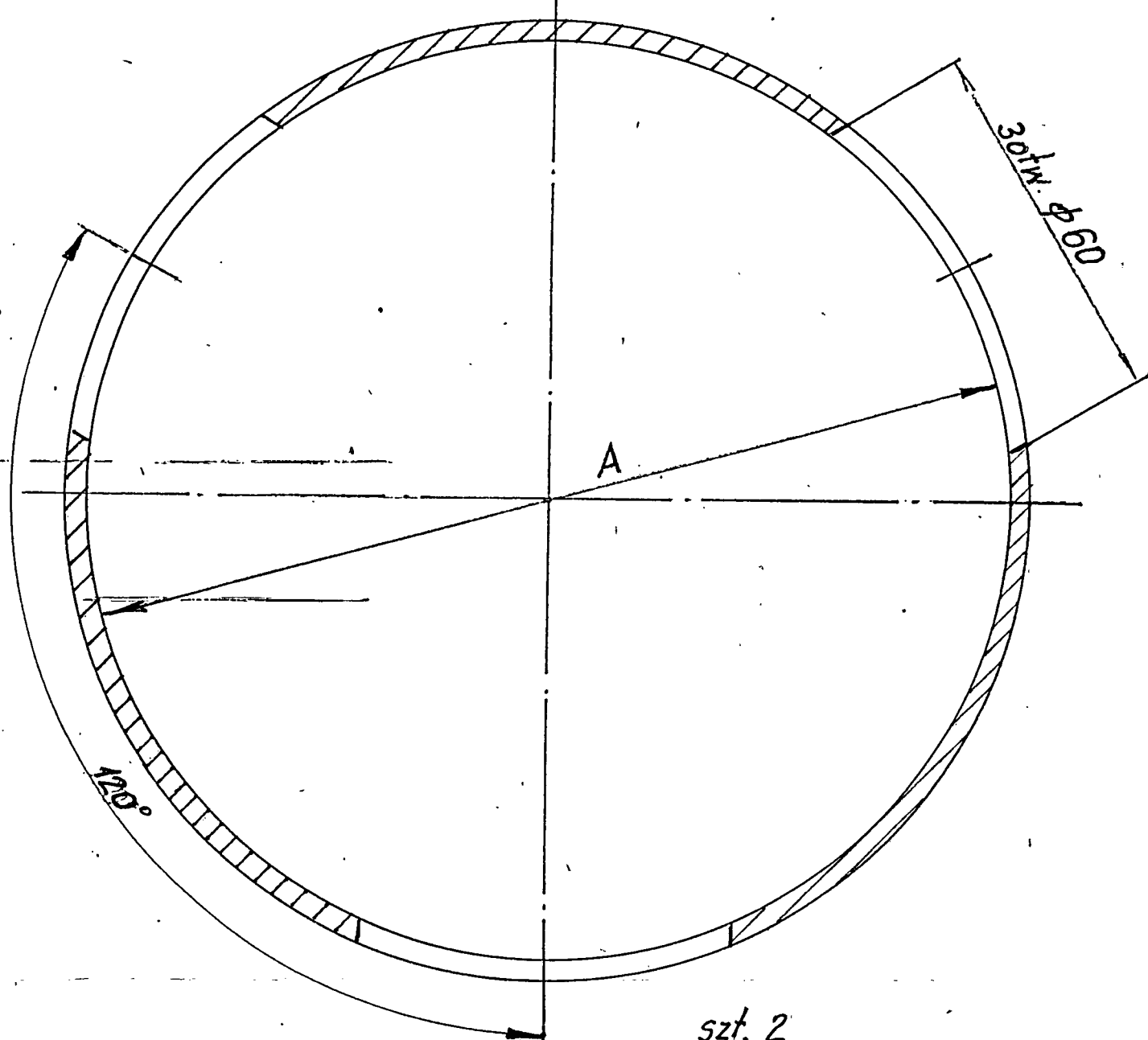
szt. 6

materiał 45

Alu



A-B

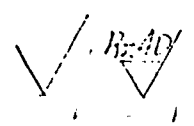


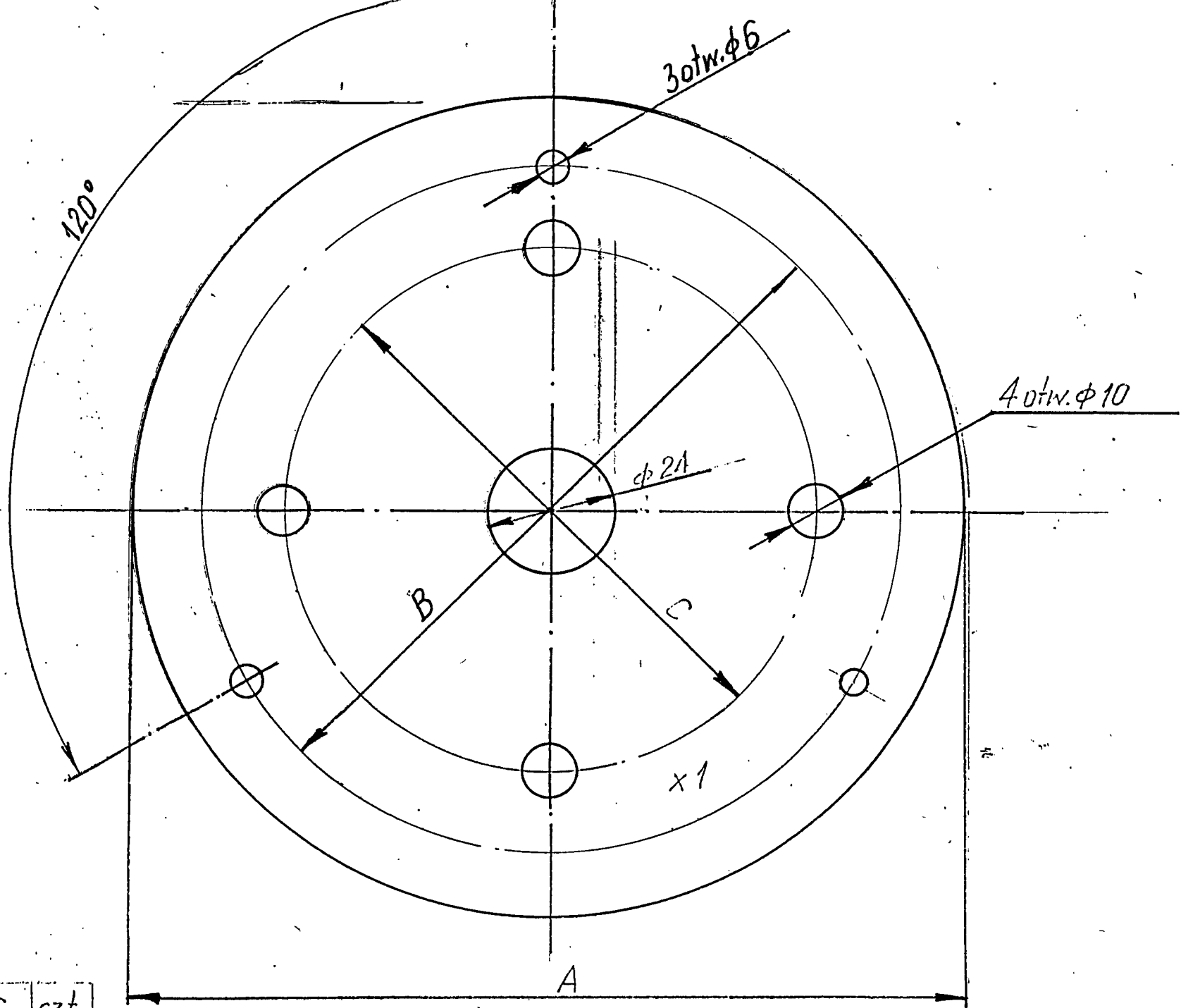
Płaszcz

A	szt
φ155	1
φ122	1

szt. 2
 Mat. stalowa S235/J1-3
 podziałka 1:1

nr części 1

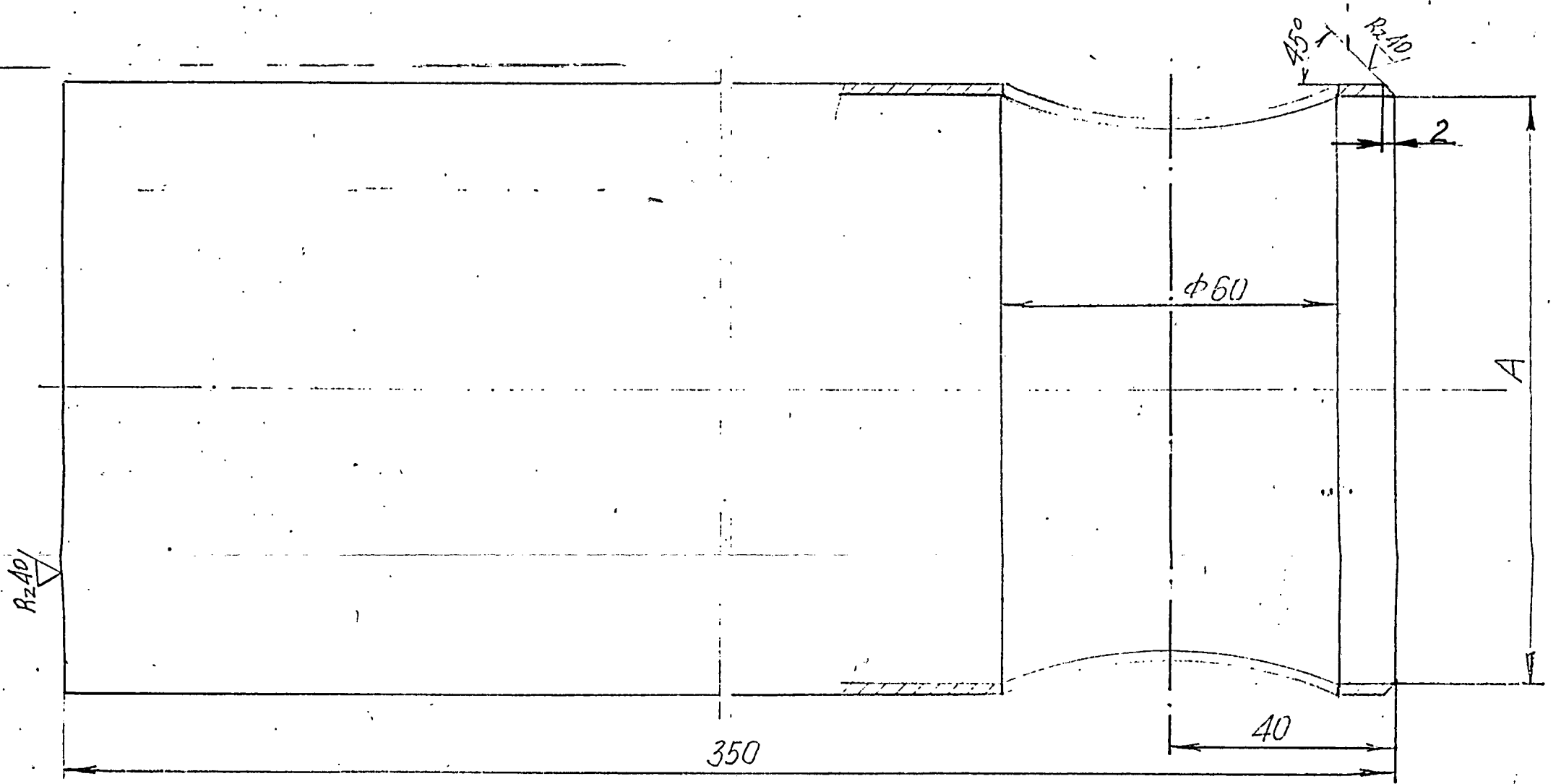




A	B	C	szt.
φ155-1	φ129	φ99	2
φ122-1	φ100	φ70	3
φ94-1	φ79	φ49	1

Krażek

nr części 14
 szt. 6
 Mat. PA6 #1
 podziałka 1:1
 wykonał [signature]

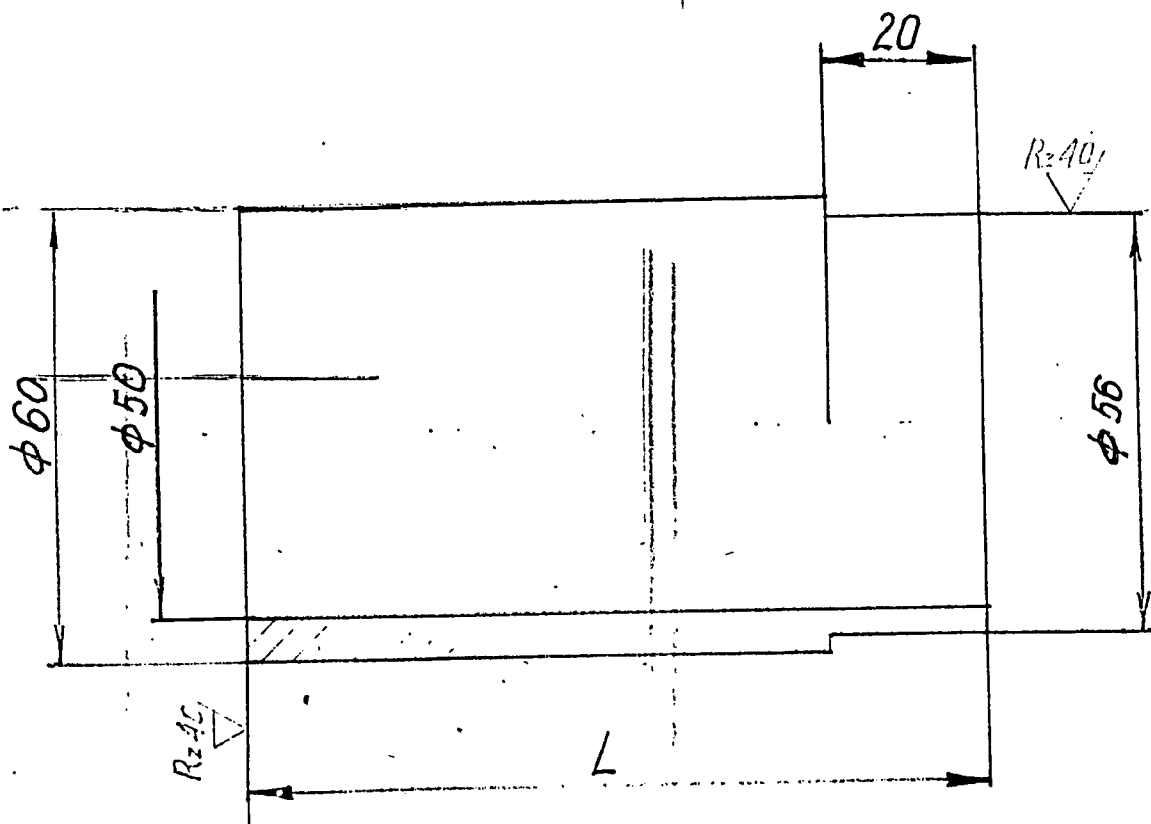


A	szt.
A	2

Płaszcz

szt. 2

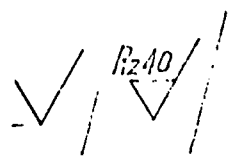
/ [signature]



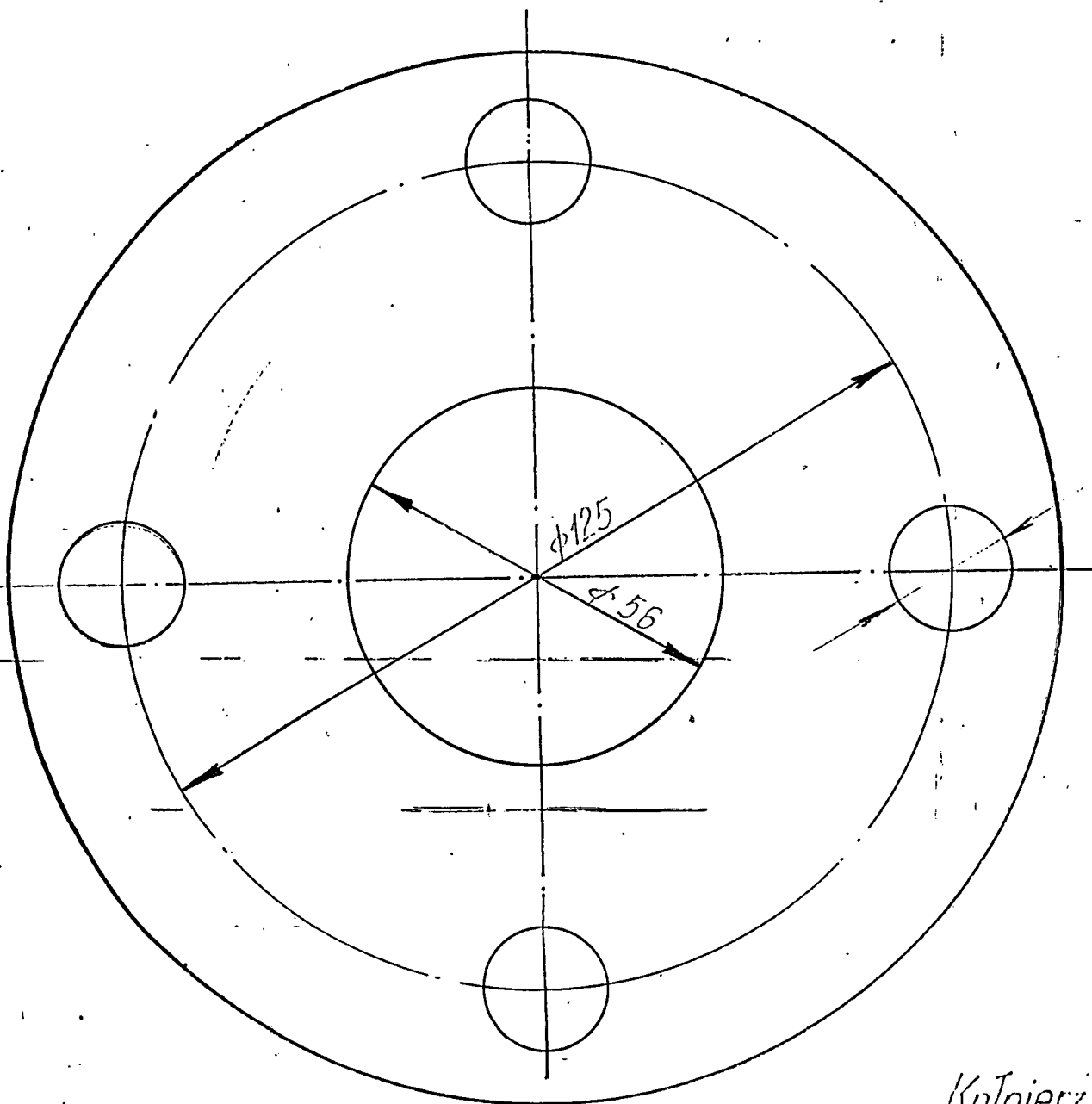
L	szt.
96	2
88	3
76	1
70	3
62	1
91	2

Łącznik

szt. 12
 Mat. rura stal.
 prot. 1:1
 Wykonał

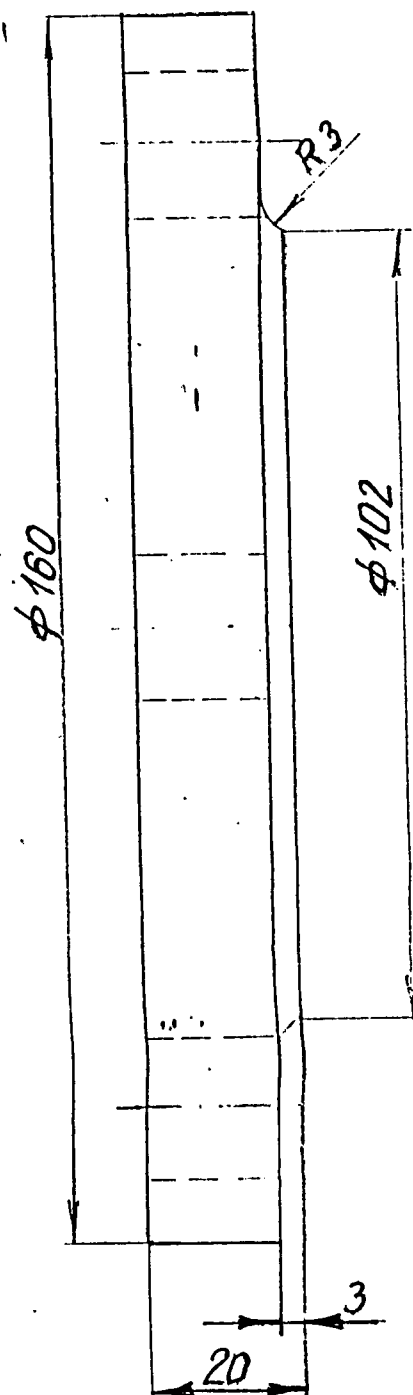
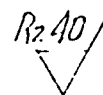


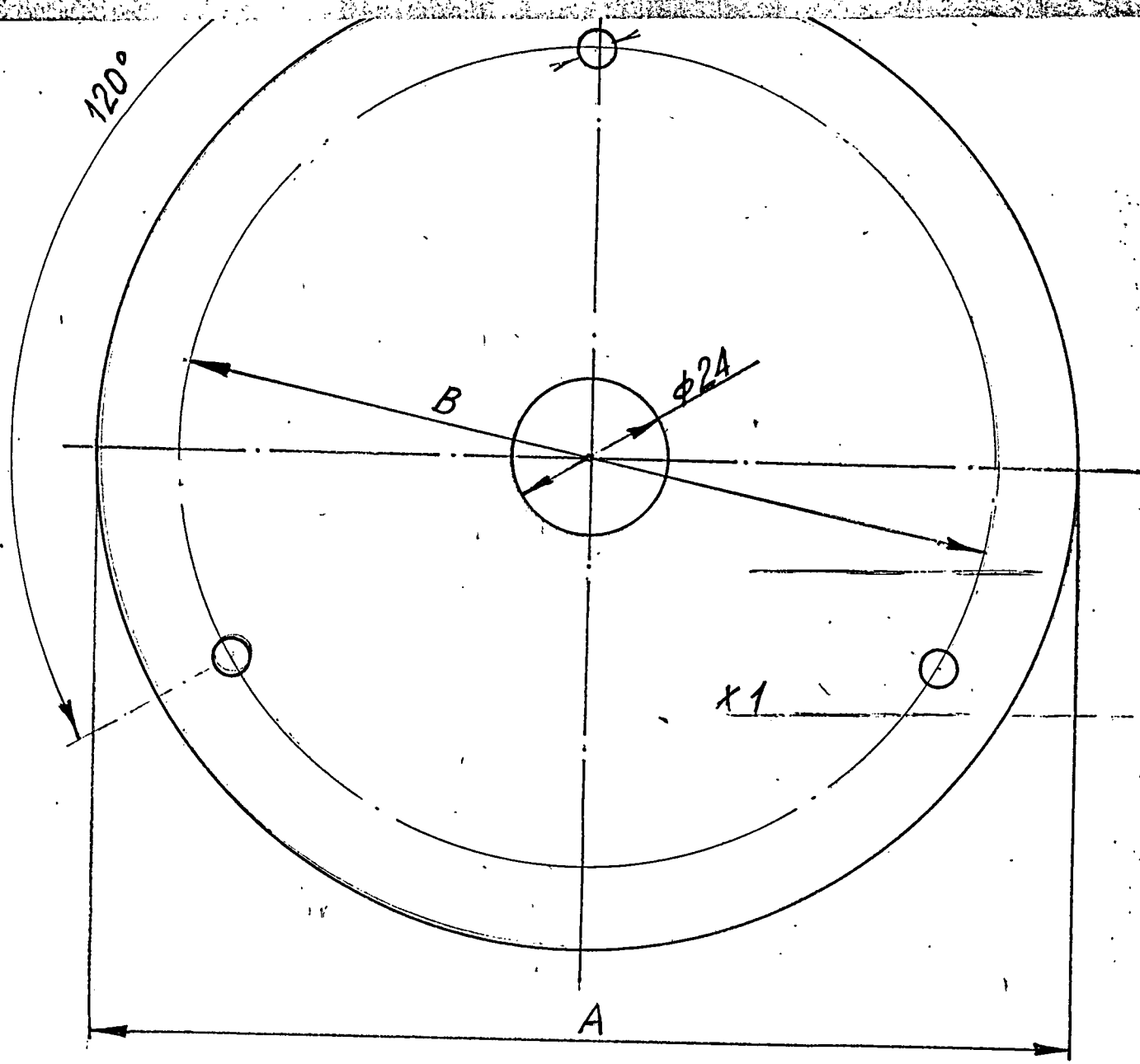
nr części 4



Kołnierz

Szt. 12
 Mat. St 35
 prot. 1:1
 nr części 3



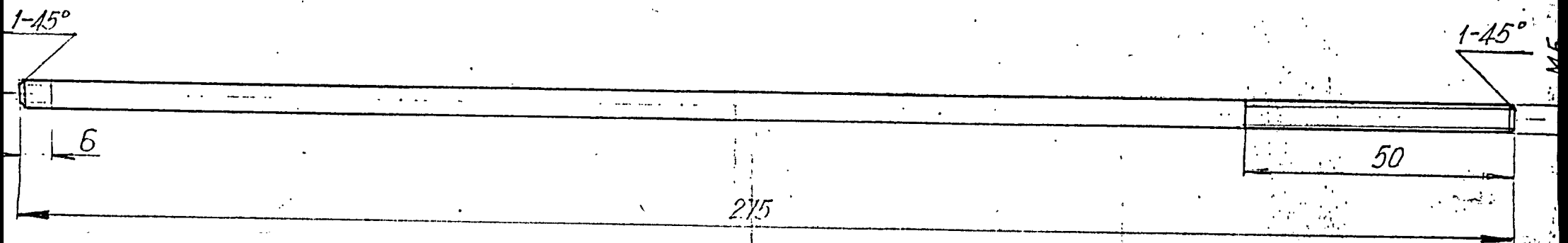


Krażek

A	B	szt.
$\phi 155$	$\phi 129$	2
$\phi 122$	$\phi 100$	3
$\phi 94$	$\phi 79$	1

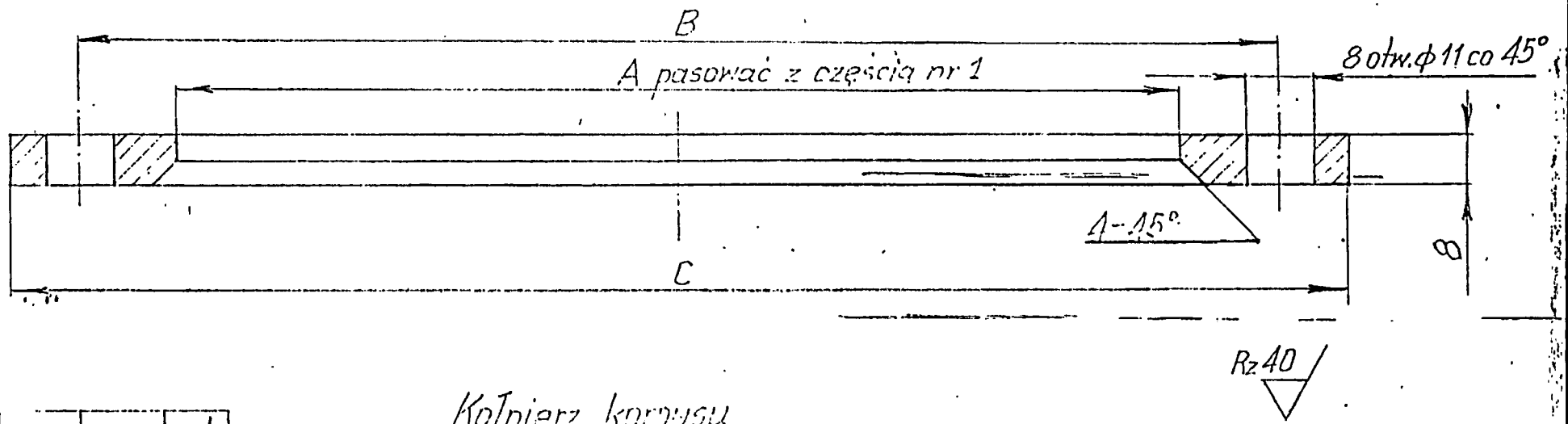
szt. 4
 Mat. PAG 1:1
 podziałka 1:1
 wykonat. *[signature]*

nr części 14A



Śruba

szt. 18
 Mat. pręt mosiężny $\phi 5$
 podziałka 1:1
 wykonat. *[signature]*



A	B	C	szt.
φ161	φ191	213	2
φ132	φ162	φ184	3
φ111	φ141	φ163	1

Kolnierz korpusu

szt. 6

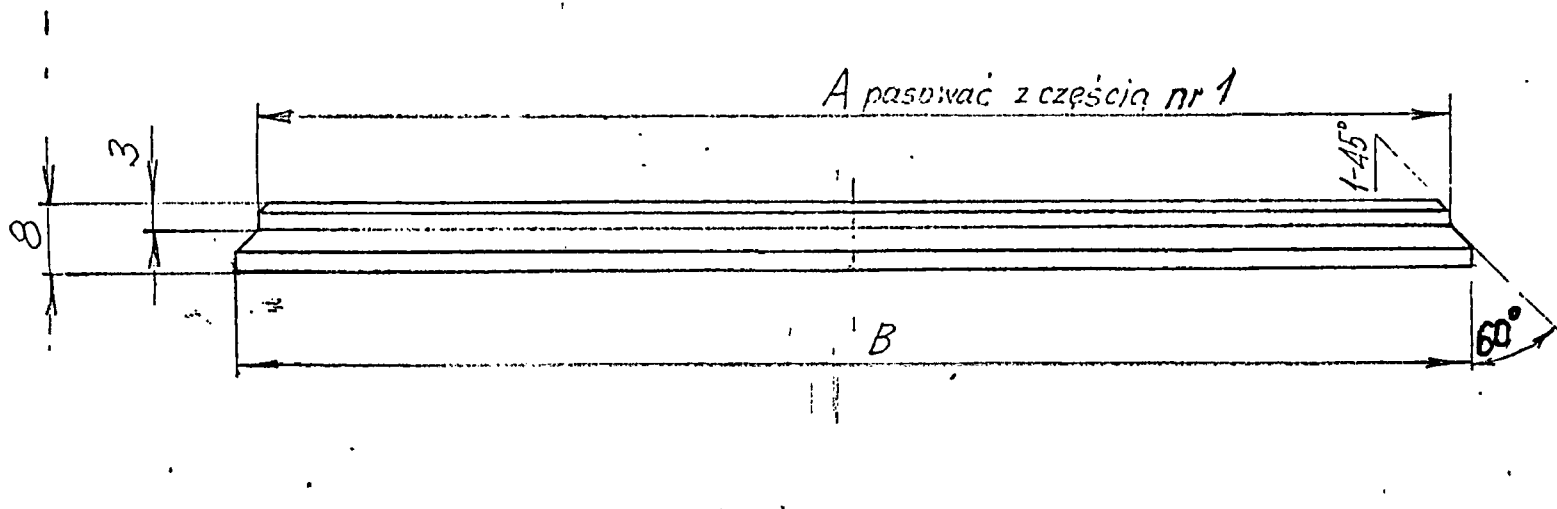
Mat. St35

podz. 1:1

wykonał

[Signature]

nr części 2



A	B	szt.
φ155	φ161	2
φ122	φ132	3
φ107	φ111	1

Denko

szt. 6

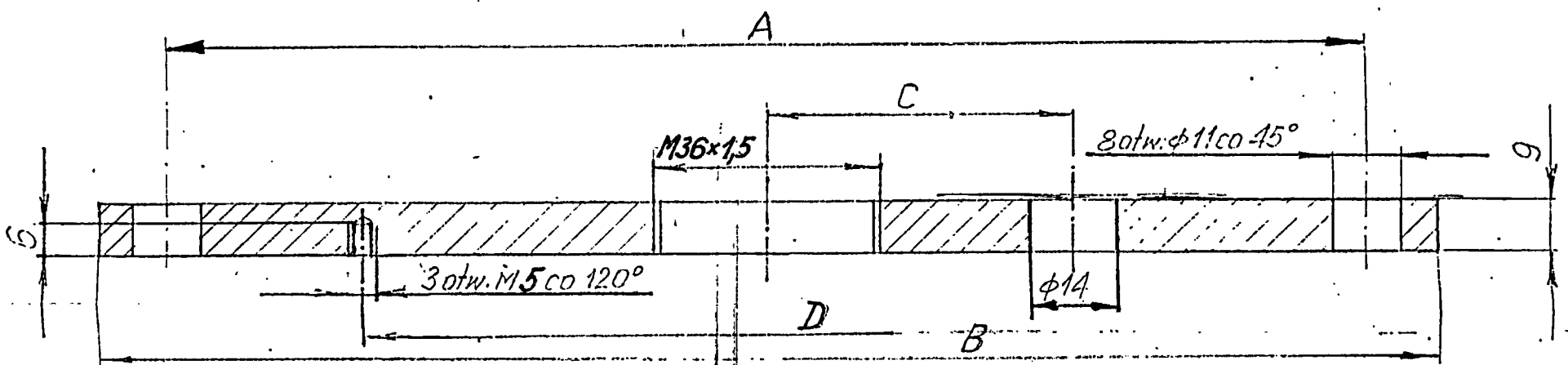
Mat. St35

podz. 1:1

wykonał

[Signature]

nr części 5



A	B	C	D	szt.
φ191	φ213	54	φ129	2
φ162	φ184	47	φ100	3
φ141	φ163	42	φ79	1

Pokrywa

szt. 6

Mat. St35

podziałka 1:1

wykonał

[Signature]

Rz 40

nr części 6

