

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

OŚRODEK AUTOMATYKI MECHANICZNEJ

PRACOWNIA REGULATORÓW BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA

442  
Główny wykonawca mgr inż. B. Omylińska *bluy* BE 40

Wykonawcy : R. Brzeski, M. Siwik, A. Staszewski

Konsultant dr inż. A. Serwach

Nr zlecenia

1035

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

p-kt kontrolny nr 3 pt. "Wykonanie i wyniki badań laboratoryjnych modeli czujnika o dużej stałej czasowej do współpracy z wysokowydajnymi wymiennikami o.w.u."

Zleceniodawca OBRC-SPEC

Pracę rozpoczęto dnia 04.1986

Kierownik Pracowni

*B. Omylińska*  
mgr inż. B. Omylińska

Z-ca Dyrektora  
d/s Automatyki

*T. Gałązka*  
dr inż. T. Gałązka

zakończono dnia 11.1986r

Kierownik, Ośrodka

*J. Jórcaz*  
mgr inż. J. Jórcaz

Praca zawiera:

stron 66

rysunków

fotografii

tabel

tablic

załączników

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

Nr rejestr. 5691

**Analiza deskrypcyjowa      REGULATORY BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA +  
TEMPERATURA + CZUJNIK + BADANIA**

**Analiza dokumentacyjna**

Sprawozdanie zawiera omówienie zagadnienia jakości regulacji temperatury c.w.u., sposobów zwiększania stałej czasowej czujników regulatorów temperatury bezpośredniego działania, oraz omówienie wyników z przeprowadzonych badań laboratoryjnych i wnioski końcowe.

**Tytuły poprzednich sprawozdań**

SPIS TREŚCI

strona:

1.	Wstęp . . . . .	3.
1.1.	Podstawa i przedmiot wykonania pracy . . . . .	3.
1.2.	Cel pracy . . . . .	3.
1.3.	Zakres pracy . . . . .	4.
2.	Zagadnienia jakości regulacji temperatury ciepłej wody użytkowej . . . . .	4.
3.	Sposoby zwiększania stałej czasowej czujnika temperatury . . . . .	5.
4.	Badania . . . . .	7.
4.1.	Metodyka badań . . . . .	7.
4.2.	Wyniki badań czujnika CRT . . . . .	7.
4.2.1.	Czujnik CRT-30 bez osłony . . . . .	7.
4.2.2.	Czujnik CRT-30 w osłonie styropianowej . . . . .	9.
4.2.3.	Czujnik CRT-30 w osłonie ze szkła epoksydowego . . . . .	10.
4.3.	Wyniki badań czujnika CRT-30A . . . . .	12.
4.4.	Wyniki badań czujnika CRT-120A . . . . .	13.
5.	Wnioski . . . . .	13.

## 1. WSTEP

### 1.1. Podstawa i przedmiot wykonania pracy.

Pracę wykonano na podstawie pism zlecających OBRC-SPEC /znak NB/N/879/86 z dn.16.04.1986r.; NP/R/CPBR/P/164/86 z dn.19.07.1986r./. Stanowi ona realizację punktu kontrolnego nr 3, celu wdrożeniowego nr 4.4 pt. "Regulator temperatury ciepłej wody użytkowej". Temat finansowany jest z funduszu centralnego Planu Badawczo-Rozwojowego, z kierunku 5.1.

Do chwili obecnej umowa pomiędzy OBRC-SPEC, a MERA-PIAP jest w trakcie zawierania.

Przedmiotem punktu kontrolnego nr 3 pt. "Wykonanie i wyniki badań laboratoryjnych modeli czujnika o dużej stałej czasowej do współpracy z wysokowydajnymi wymiennikami c.w.u. jest zgodnie z kartą programową wykonanie modeli użytkowych i ich badania laboratoryjne.

### 1.2. Cel pracy.

Praca ma na celu uzyskanie materiałów doświadczalnych i zaproponowanie takiego rozwiązania czujnika temperatury CRT, które pozwoli na zwiększenie ich stałych czasowych do wartości zapewniających dobrą jakość regulacji ciepłej wody użytkowej przy współpracy z wymiennikami typu JAD, z tym, że zwiększenie stałej czasowej nie może powodować znacznego zwiększenia czasu opóźnienia transportowego.

### 1.3. Zakres pracy

W opracowaniu zamieszczono skrótowe omówienie zagadnienia jakości regulacji temperatury ciepłej wody użytkowej oraz sposobów zwiększenia stałej czasowej czujników regulatorów temperatury bezpośredniego działania.

Wykonano dokumentację szkicową dla modeli czujników CRT-30A i CRT-120A oraz obudowy do czujników.

Wykonano modele czujników wg dokumentacji i obudowy do czujników CRT-30A CRT-50A i CRT-80A.

Na zakończenie omówiono wyniki z przeprowadzonych badań laboratoryjnych i przedstawiono wnioski końcowe.

### 2. Zagadnienie jakości regulacji temperatury ciepłej wody użytkowej.

Typowymi nieprawidłowościami regulacji temperatury ciepłej wody użytkowej są tendencje do pracy w cyklu granicznym oraz przegrzewy. Nieprawidłowości te spotęgowały się z chwilą rozpoczęcia stosowania w eksploatacji małogabarytowych wysokowydajnych wymienników przepływowych typu JAD. Wymienniki te charakteryzują się znacznie mniejszymi stałymi czasowymi niż wymienniki starszych typów, np. WCW, natomiast znacznie większym wzmoocnieniem.

W wyniku badań symulacyjnych stwierdzono, że regulatory temperatury o typowych parametrach, tzn. małym zakresie proporcjonalności i małych stałych czasowych nie nadają się do regulacji temperatury w wysokowydajnych wymiennikach przepływowych.

Dlatego też należałoby stosować odmiany o większych zakresach proporcjonalności /mniejszych wzmocnieniach/, ale wówczas rośnie statyczny błąd regulacji. Innym wyjściem, jak wykazały badania symulacyjne i dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne, jest zwiększenie stałej czasowej czujnika. Ten problem prezentuje niniejsza praca w odniesieniu do czujników CRT regulatorów temperatury RT.

Przykłady wpływu stałej czasowej na jakość regulacji, określone w badaniach symulacyjnych przedstawiono na wykresach 1 i 2.

Na wykresie 1 przedstawiono odpowiedź przejściową układu regulacji temperatury z regulatorem proporcjonalnym o standardowym zakresie proporcjonalności i różnych stałych czasowych na skokowy przyrost temperatury wejściowej w obwodzie pierwotnym wymiennika.

Na wykresie 2 przedstawiono odpowiedzi przejściowe układu regulacji temperatury z regulatorem proporcjonalnym o zakresie proporcjonalności zwiększonym z 7 K do 15 K i różnych stałych czasowych na skokowy przyrost temperatury wejściowej w obwodzie pierwotnym wymiennika.

### 3. Sposoby zwiększania stałej czasowej czujników regulatora temperatury.

Przestrzeń termometryczna czujników regulatorów temperatury CRT, analogicznie jak w czujnikach regulatorów temperatury firmy Mertik, jest odcinkiem rury wypełnionej

medium termometrycznym /olejem hydrol 30 w CRT i naftą w Mertikach/, całkowicie zanurzonym w wodzie, której temperatura jest regulowana /obwód wtórny wymiennika/.

Zwiększenie stałej czasowej można uzyskać przez:

- zwiększenie średnicy rury czujnika; występuje tu ograniczenie wynikające z przyłącza czujnika,
  - osłonięcie czujnika warstwą izolacyjną, przy pełnym jego zanurzeniu; komplikuje budowę czujnika, powoduje zwiększenie czasu opóźnienia,
  - instalowanie czujnika w płaszczu lub w kieszeni wypełnionej olejem; komplikuje się sposób zabudowania czujnika /dodatkowe elementy/, powoduje zwiększenie czasu opóźnienia,
  - instalowanie czujnika w specjalnych stabilizatorach temperatury,
- └─ urządzenie dodatkowe.

W czujnikach CRT zdecydowano wykorzystać w celu zwiększenia stałej czasowej ich częściowe zanurzenie w medium regulowanym. Bezpośredni kontakt zanurzonej części czujnika z medium regulowanym powinien spowodować nieznaczne czasy opóźnienia; stopniowe podgrzewanie się części niezanurzonej, przy częściowym rozproszeniu ciepła na zewnątrz, powinno wydłużyć stałą czasową, która będzie zależna od stopnia zanurzenia czujnika w medium regulowanym.

Ponieważ oddawanie ciepła na zewnątrz przy nieosłoniętej

części zewnętrznej czujnika dla małych zanurzeń może spowodować nie osiągnięcie pełnego skoku, przewidziano również osłonę części zewnętrznej czujnika.

Jako drugi wariant przewidziano wykonanie modeli czujników o zwiększonej średnicy.

#### 4. Badania

##### 4.1. Metodyka badań

- Charakterystyki statyczne wyznaczono w ultratermostacie przy użyciu termometru o wartości działki elementarnej  $0,1^{\circ}\text{C}$  i czujnika zegarowego o działce elementarnej  $0,01\text{ mm}$ .

- Na podstawie charakterystyk statycznych wyznaczono temperaturę zamknięcia  $/t_{\text{max}}/$  i temperaturę otwarcia  $/t_{\text{min}}/$ . W dwóch ultratermostatach ustawiono tę temperaturę.

Przekładając czujnik z jednego ultratermostatu do drugiego na rejestratorze x-y zapisywano przebieg otwierania /zmiana skoku  $h/$  w funkcji czasu. Zzapisanej rejestracji wyznaczono stałe czasowe  $T_s$  /dla  $0,63 h_{\text{max}}/$  i czasy opóźnienia  $T_u$ .

- W czasie badań /czujnik + kapilara + napęd NRT-400/s/ trzpień napędu był obciążony stałą siłą  $90\text{ N}$ .

##### 4.2. Wyniki badań czujnika CRT

###### 4.2.1. Czujnik CRT<sup>-30</sup> bez osłony.

Na rys. 1 pokazano czujnik CRT-30 bez osłony, jego usytuowanie i sposób zanurzenia w ultratermostacie.



Wykonano charakterystykę statyczną czujnika całkowicie zanurzonego  $\bar{h} = 1$  i przedstawiono ją na wykresie 3. Z wykresu ustalono względny przyrost skoku czujnika  $\bar{h}_{oz}$ , histerezę  $X_h$  i określono temperatury  $t_{max}$  i  $t_{min}$ .

Następnie dla dziewięciu różnych zanurzeń  $\bar{h}$  wykonano rejestrację  $h = f/T$ . Przebieg tych charakterystyk podano na wykresach 4 + 12.

Na wykresie 13 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian stałej czasowej  $T_s$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$  przy zamykaniu zaworu  $T_{s1}$  i przy otwieraniu zaworu  $T_{s2}$ .

Na wykresie 14 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian czasu opóźnienia  $T_u$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$  przy zamykaniu zaworu  $T_{u1}$  i przy otwieraniu zaworu  $T_{u2}$ .

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono:

- w zakresie zanurzeń względnych  $\bar{h} = 1,0 \pm 0,2$  przy zamykaniu zaworu stała czasowa daje się nastawiać w granicach od 1,5 min do 12 min; przy otwieraniu zaworu stała czasowa daje się nastawiać w zakresie od 1,0 min do 6 min.

Niższe wartości stałej czasowej dla mniejszych zanurzeń względnych przy otwieraniu zaworu wynikają z dodatkowego oddziaływania temperatury zewnętrznej na niezamurzoną część czujnika,

- w zakresie zanurzeń względnych od  $\bar{h} = 1,0$  do 0,2 czasy opóźnienia w zasadzie nie przekraczają 10s; widoczne są tendencje do ich niewielkiego wzrostu przy mniejszych wartościach zanurzeń względnych  $\bar{h}$

- na podstawie rejestracji odpowiedzi skokowej regulatora na zmianę temperatury /wykresy 4-11/ widać, że stosunkowo szybko przy zmniejszeniu względnego zanurzenia czujnika znacznie wydłuża się czas ustalania się na wartość pełnego skoku, a przy dalszym zmniejszaniu zanurzenia względnego  $\bar{h}$  ustalenie się skoku występuje na poziomie poniżej skoku pełnego, co spowodowane jest ustaleniem się równowagi między podgrzewaniem zanurzonej części czujnika i oddawaniem ciepła na zewnątrz przez jego część wynurzoną.

Tak więc z tego powodu nie można stosować częściowego zanurzenia czujnika bez osłonięcia jego wynurzonej części.

#### 4.2.2. Czujnik CRT-30 w osłonie styropianowej.

Na rys. 2 pokazano czujnik CRT-30 w osłonie styropianowej, jego usytuowanie i sposób zanurzenia w ultratermostacie.

Charakterystyka statyczna czujnika jak w p-koie 4.2.1.

Dla jedenastu różnych zanurzeń  $\bar{h}$ / wykonano rejestrację  $h = f/T$ /. Przebieg tych charakterystyk podano na wykresach 15-26.

Na wykresie 27 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian stałej czasowej  $T_s$ / w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$ / przy zamykaniu zaworu  $T_{s1}$ / i przy otwieraniu zaworu  $T_{s2}$ /.

Na wykresie 28 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian czasu opóźnienia  $T_u$ / w funkcji względnego zanurzenia

czujnika  $\bar{h}$ / przy zamykaniu zaworu  $/T_{u1}/$  i przy otwieraniu zaworu  $/T_{u2}/$ .

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono:

- w zakresie zanurzeń względnych  $\bar{h} = 1,0 \div 0,2$  przy zamykaniu zaworu stała czasowa daje się nastawiać w granicach od 1 minuty do 9 minut; przy otwieraniu zaworu stała czasowa daje się nastawiać w zakresie od około 2 minut do 12 minut.

W stosunku do parametrów czujnika bez osłony wzrosły wartości stałej czasowej przy otwieraniu zaworu, co wynika z ograniczenia oddziaływania temperatury zewnętrznej na niezanurzoną część czujnika dzięki zastosowaniu osłony styropianowej,

- w zakresie zanurzeń względnych od  $\bar{h} = 1,0$  do  $0,2$  czasy opóźnienia w zasadzie nie przekraczają 10s; widoczne są tendencje do ich niewielkiego wzrostu przy mniejszych wartościach zanurzeń względnych  $\bar{h}$ . analogicznie jak dla czujnika bez osłony,
- na podstawie rejestracji odpowiedzi skokowej regulatora na zmianę temperatury /wykresy 15-26/ widać, że dla mniejszych względnych zanurzeń czujnika  $\bar{h}$  wydłuża się czas ustalania się na wartość pełnego skoku.

#### 4.2.3. Czujnik CRT-30 w osłonie ze szkła epoksydowego.

Na rys.3 pokazano czujnik CRT-30 w osłonie ze szkła epoksydowego, jego usytuowanie i sposób zanurzenia w ultratermostacie.

W tym przypadku jest to już rozwiązanie konstrukcyjne składające się z osłony, korpusu, dławika i uszczelki "O", przewidziane do montażu w normalnej eksploatacji, bez żadnych zmian samego czujnika.

W celu wykonania charakterystyk dla różnych zanurzeń wykonano 2 długości osłony oraz 4 pierścienie dystansowe, pozwalające uzyskiwać różne zanurzenia względne  $\bar{h}$ .

Charakterystyka statyczna czujnika jak w p-ku 4.2.1.

Dla sześciu różnych zanurzeń  $\bar{h}$  wykonano rejestrację  $h = f/T$ . Przebieg tych charakterystyk podano na wykresach 29-35.

Na wykresie 36 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian stałej czasowej  $T_s$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$  przy zamykaniu zaworu  $T_{s1}$  i przy otwieraniu zaworu  $T_{s2}$ .

Na wykresie 37 /zbiorczym/ przedstawiono przebieg zmian czasu opóźnienia  $T_u$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$  przy zamykaniu zaworu  $T_{u1}$  i przy otwieraniu zaworu  $T_{u2}$ .

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono:

- w zakresie zanurzeń względnych od  $\bar{h} = 1,0$  do  $0,2$  przy zamykaniu i przy otwieraniu zaworu stałe czasowe dają się nastawiać w granicach od 1,5 minuty do 6,5 minuty, przy czym dla wartości  $\bar{h}$  pośrednich stałe czasowe przy otwieraniu zaworu  $T_{s2}$  leżą poniżej wartości stałych czasowych dla zamykania zaworu  $T_{s1}$ ,

- w zakresie zanurzeń względnych od  $\bar{h} = 1,0$  do  $0,2$  czasy opóźnienia w zasadzie nie przekraczają  $10s$ ; wartość ta została przekroczona w dwóch punktach. Widoczne są tendencje do ich niewielkiego wzrostu przy mniejszych wartościach zanurzeń względnych  $\bar{h}$ , analogicznie jak w p-ście 4.2.1 i 4.2.2.
- na podstawie rejestracji odpowiedzi skokowej regulatora na zmianę temperatury /wykresy 29-35/ widać, że dla mniejszych względnych zanurzeń czujnika  $\bar{h}$  wydłuża się czas ustalania się na wartość pełnego skoku, analogicznie jak w p-ście 4.2.2.

#### 4.3. Wyniki badań czujnika CRT-30A

Wykonano czujnik CRT-30A ze zwiększoną średnicą rury czujnika /24 x 1/ zamiast /18 x 1/. Jest to maksymalna średnica możliwa do zastosowania przy zachowaniu przyłącza czujnika z gwintem G1". Długość czujnika skrócono do wartości odpowiadającej zachowaniu identycznej pojemności czujnika jak w CRT-30 to jest ze 150 mm do 90 mm. Czujnik wykonano z mosiądzu.

Charakterystykę statyczną czujnika przedstawiono na wykresie 38. Dla ustalonych temperatur  $t_{max}$  i  $t_{min}$  zarejestrowano odpowiedź skokową /h/ regulatora na zmianę temperatury. Charakterystykę tę przedstawiono na wykresie 39.

Stała czasowa przy zamykaniu zaworu  $T_{s1} = 120s$ ; przy otwieraniu zaworu  $T_{s2} = 130s$ . Czasy opóźnienia odpowiednio  $10s$  i  $13s$ .

#### 4.4. Wyniki badań czujnika CRT-120A

Wykonano czujnik CRT-120A, z mosiądzu, analogicznie jak czujnik CRT-30A, o długości wynikającej z zachowania pojemności czujnika jak w CRT-120. Długość czujnika wynosi 340 mm /zmniejszenie o 260 mm/.

Charakterystyka statyczna czujnika przedstawiona jest na wykresie 40. Dla ustalonych temperatur  $t_{\max}$  i  $t_{\min}$  zarejestrowano odpowiedź skokową /h/ regulatora na zmianę temperatury. Charakterystykę tę przedstawiono na wykresie 41.

Stała czasowa przy zamykaniu zaworu  $T_{s1} = 210s$ , przy otwieraniu zaworu  $T_{s2} = 206s$ . Czasy opóźnienia odpowiednio 9s i 15s.

#### 5. Wnioski

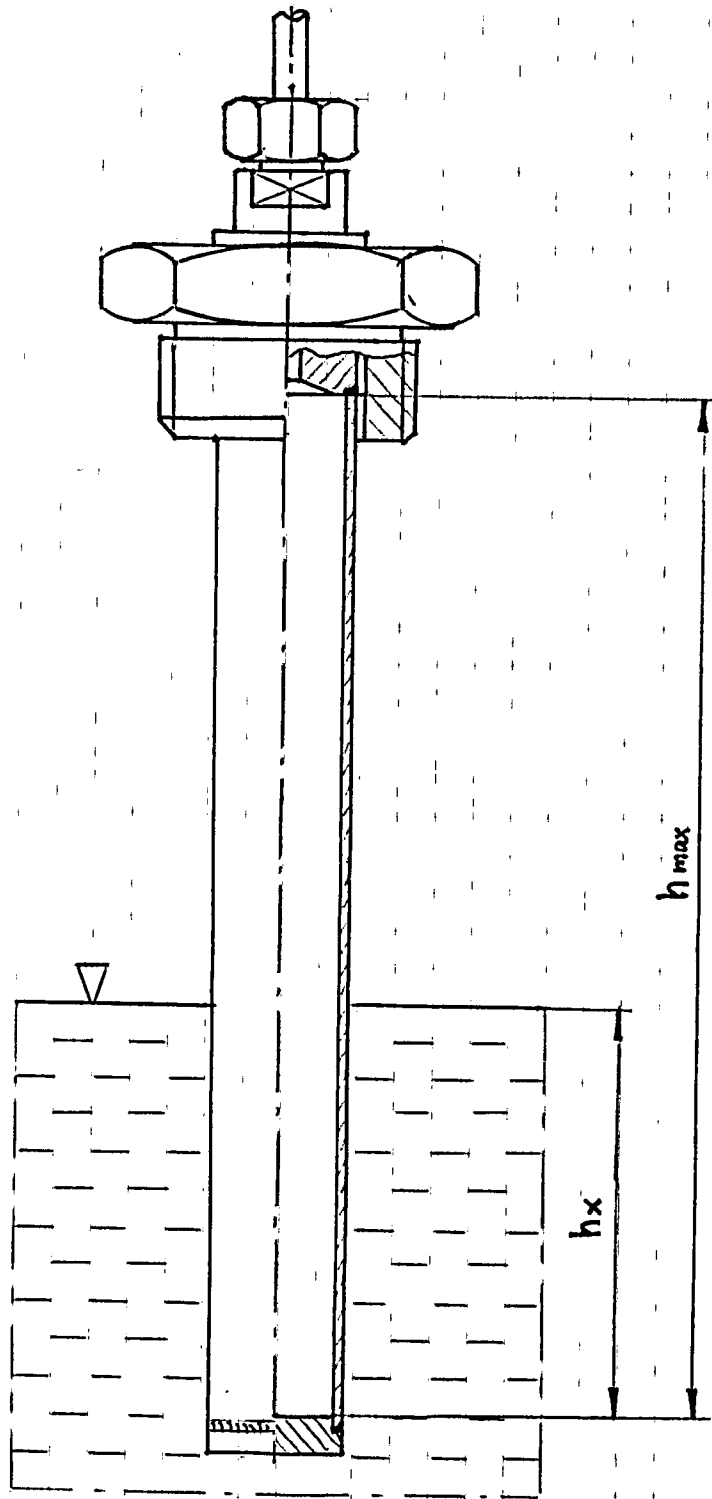
W wyniku badań stwierdzono:

- dla obu rozwiązań /czujnik osłonięty i czujnik o zwiększonej średnicy/ czasy opóźnienia są niewielkie,
- dla czujnika osłoniętego istnieje możliwość wydłużenia stałej czasowej do 6 min
- dla czujnika o zwiększonej średnicy stała czasowa jest większa o około 30% niż dla czujników w wykonaniu normalnym,
- wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że bardziej celowe od wprowadzania zmian konstrukcyjnych samego

14

czujnika jest dodanie specjalnej osłony ze szkła epoksydowego do standardowego czujnika i zmiana sposobu zabudowy w kolektorze wymiennika. Wniosek ten musi być zweryfikowany w badaniach eksploatacyjnych,

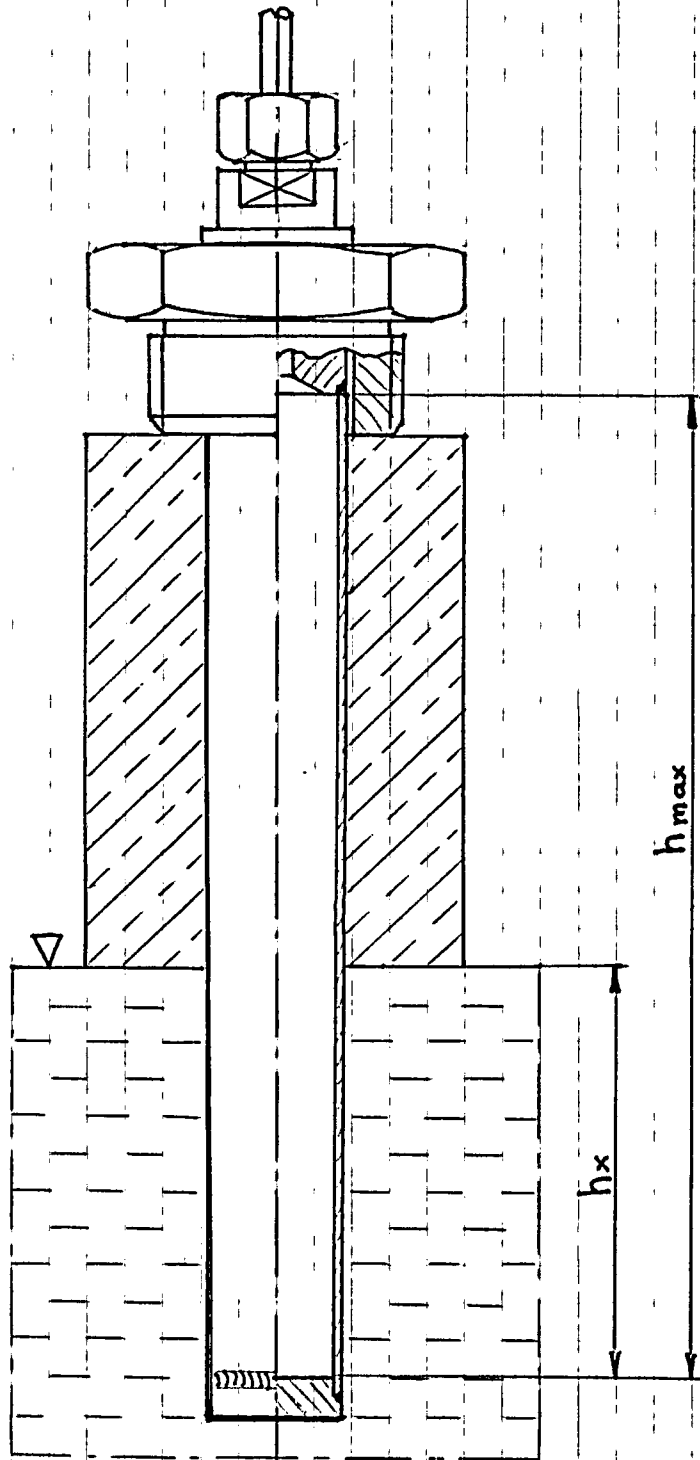
- do sprawdzenia w warunkach eksploatacyjnych przygotowane są czujniki CRT-30A i CRT-120A
- do sprawdzenia w warunkach eksploatacyjnych przygotowane są obudowy ze szkła epoksydowego dla czujników CRT-30; CRT-50; CRT-80 umożliwiające przeprowadzenie prób przy różnych stopniach zanurzenia czujnika.



Rys. 1 . Czujnik CRT-30 bez osłony

Zanurzenie względne  $\bar{h} = \frac{h_x}{h_{max}}$

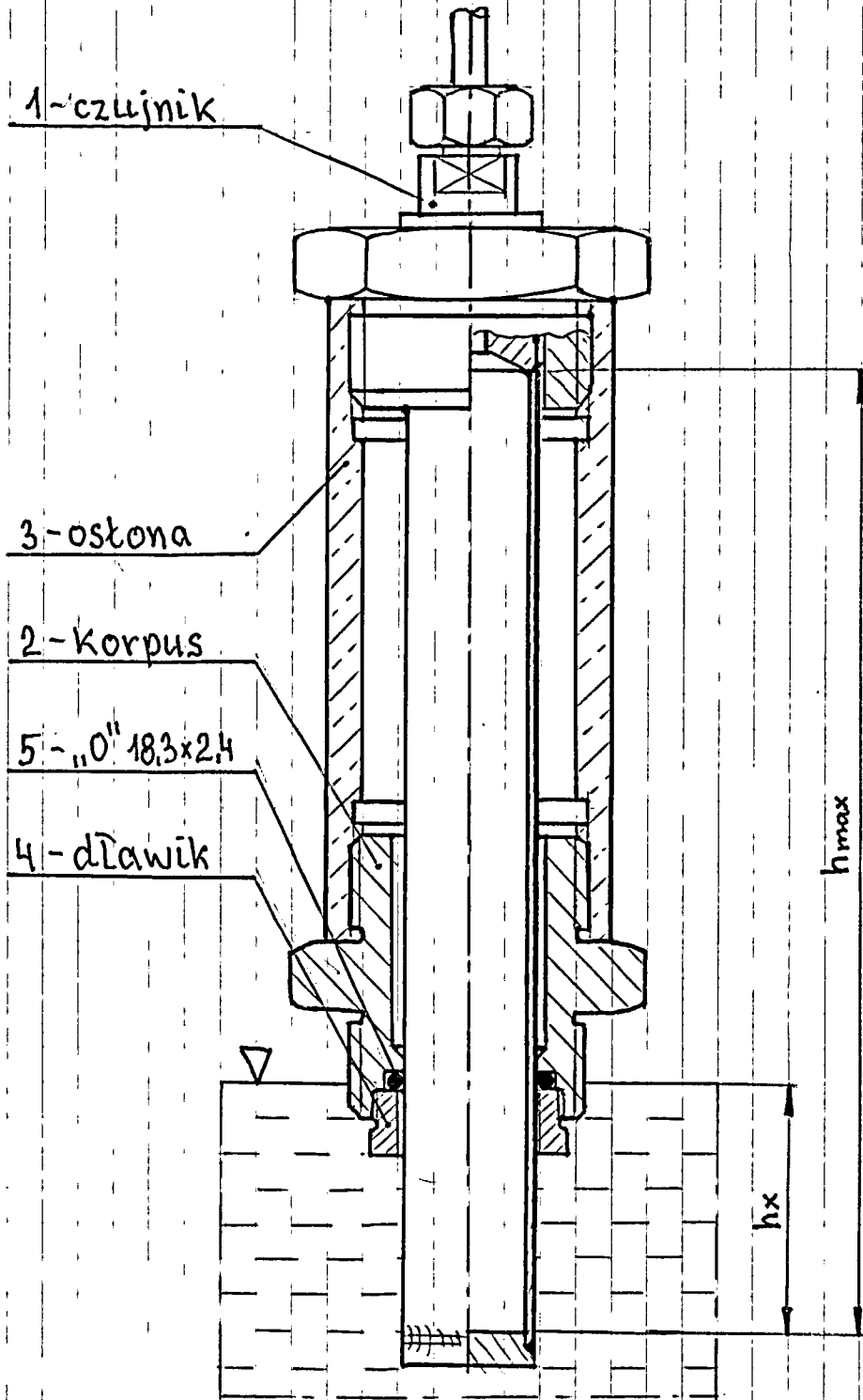




Rys.2 . Czujnik CRT-30 w osłonie styropianowej

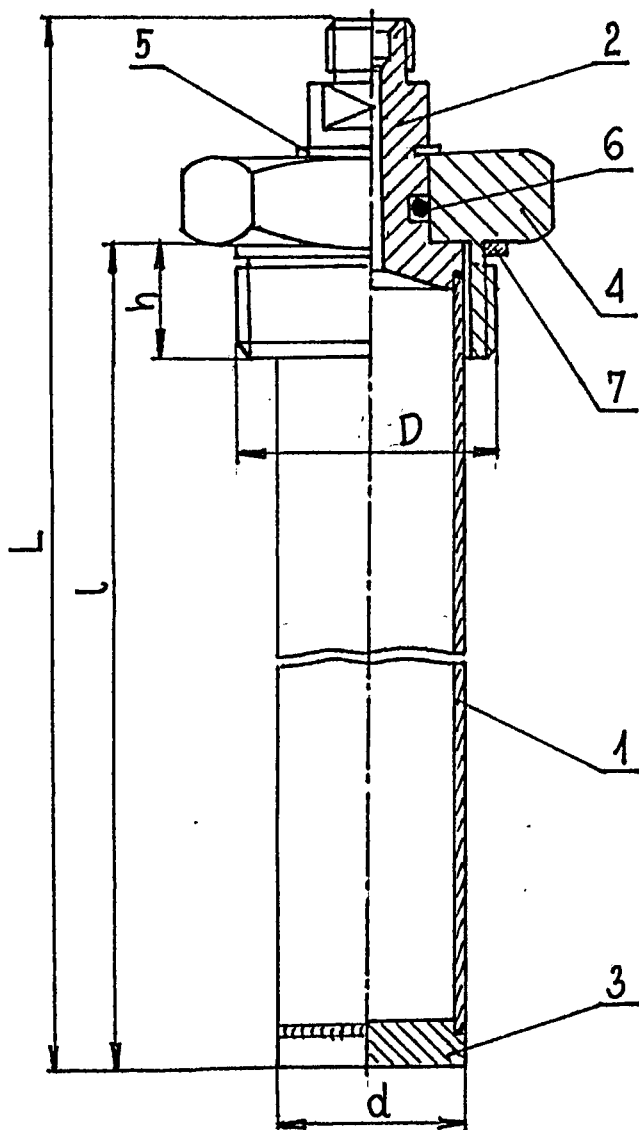
Zanurzenie względne  $\bar{h} = \frac{h_x}{h_{max}}$

3



Rys. 3 . Czujnik CRT - 30 w osłonie ze szkła epoksydowego

Zanurzenie względne  $\bar{h} = \frac{h_x}{h_{max}}$



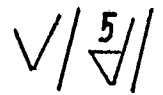
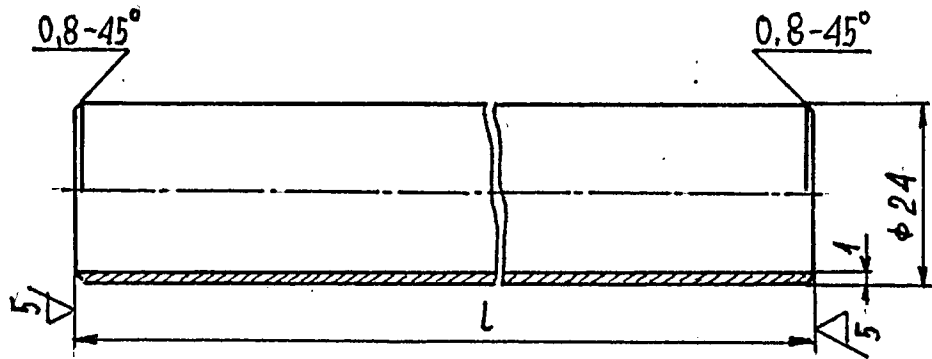
Oznaczenia:

- 1- rura (rys. 5)
- 2- korpus (rys. 6)
- 3- denko (rys. 7)
- 4- nakrętka (rys. 8)
- 5- pierścień osadczy 16z
- 6- uszczelka „O” 11,3x2,4
- 7- uszczelka płaska 41x33x2

Rys. 4. Czujnik regulatora temperatury „A”

Główne wymiary

Czujnik	D	h	d	l	L
CRT-30A	G1"	15	24	90	120
CRT-120A	G1"	15	24	340	370

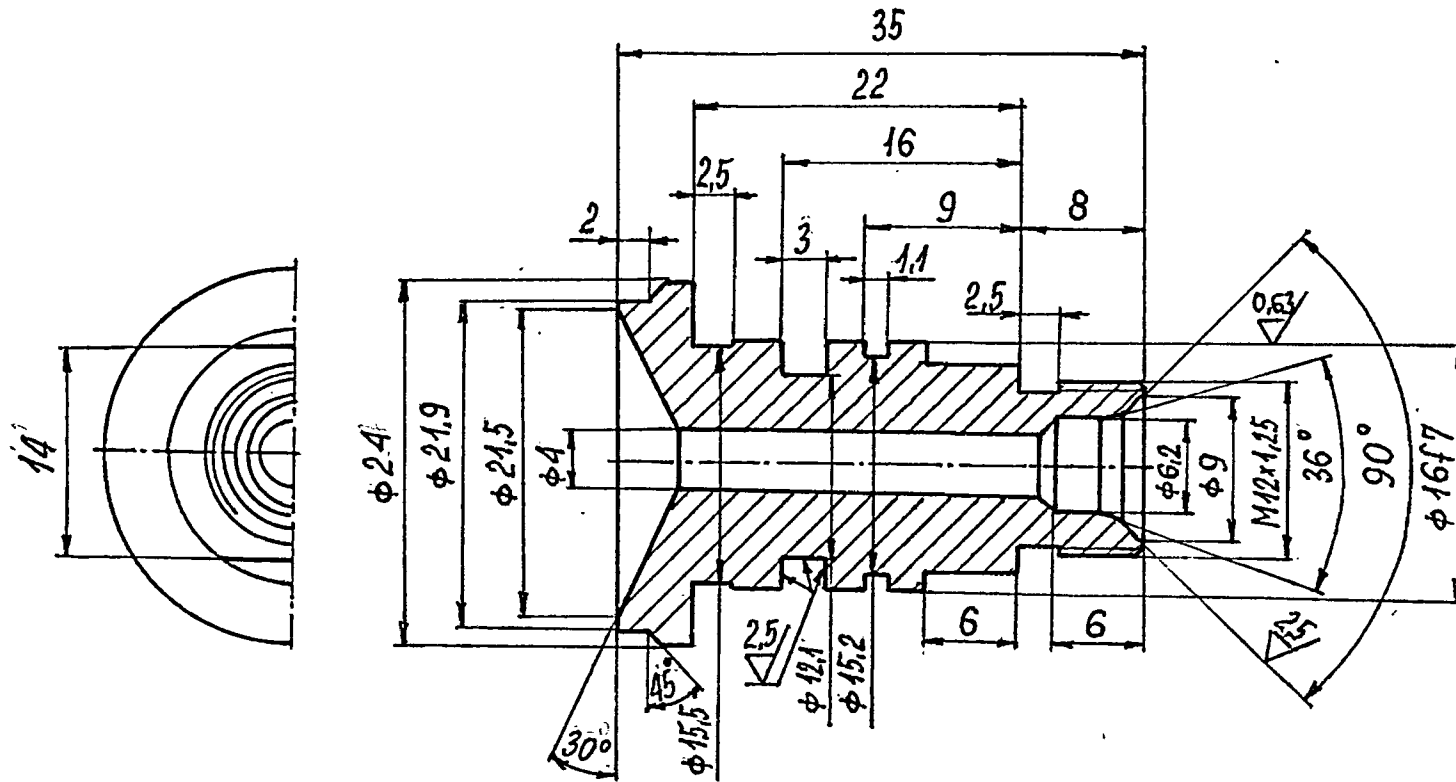


Mat. rura 24x1 , M059  
podz. 1:1

Rys 5. Rura

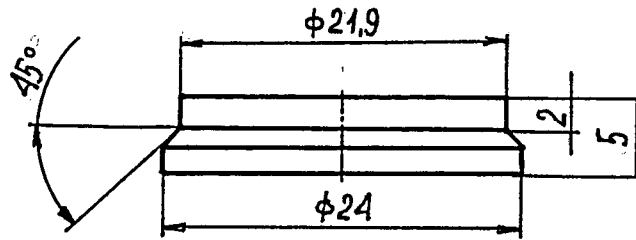
Czujnik	Długość , l
CRT-30A	83
CRT-120A	330

16f7	-0,016
	-0,034



Rys. 6. Korpus

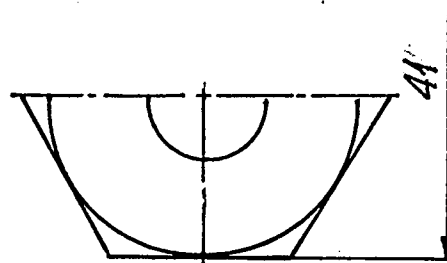
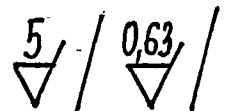
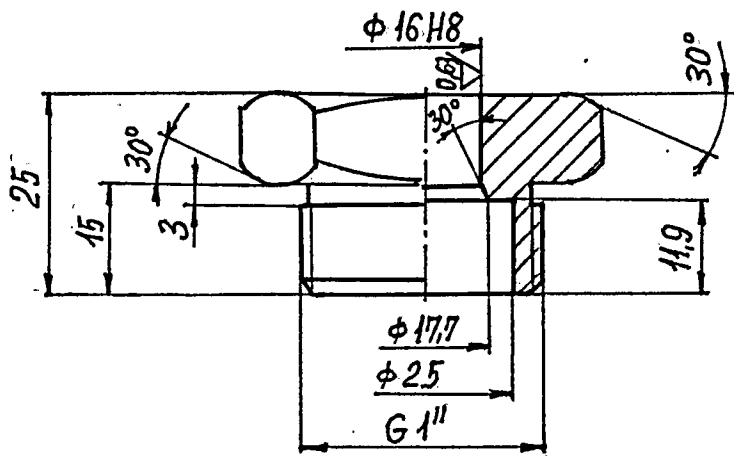
Mat. M059  
podz. 2:1



Mat. M059  
podz. 2:1

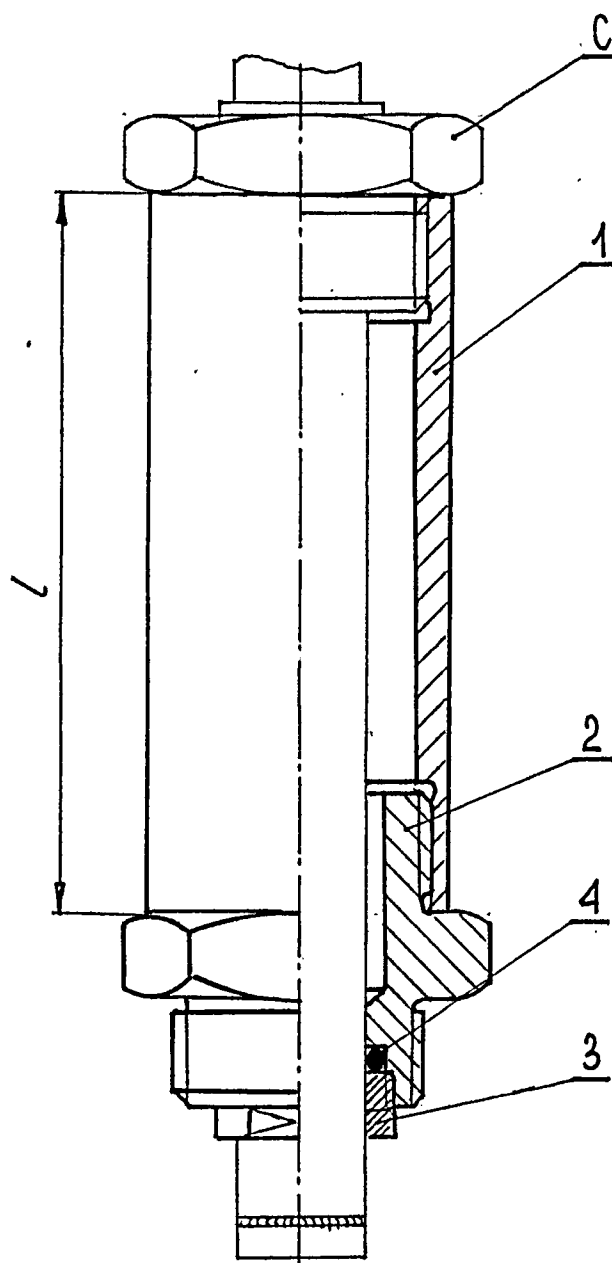
Rys. 7. Denko

16H8	$+0,027$ 0
------	---------------



Mat. M059  
podz. 1:1

Rys. 8. Nakrętko



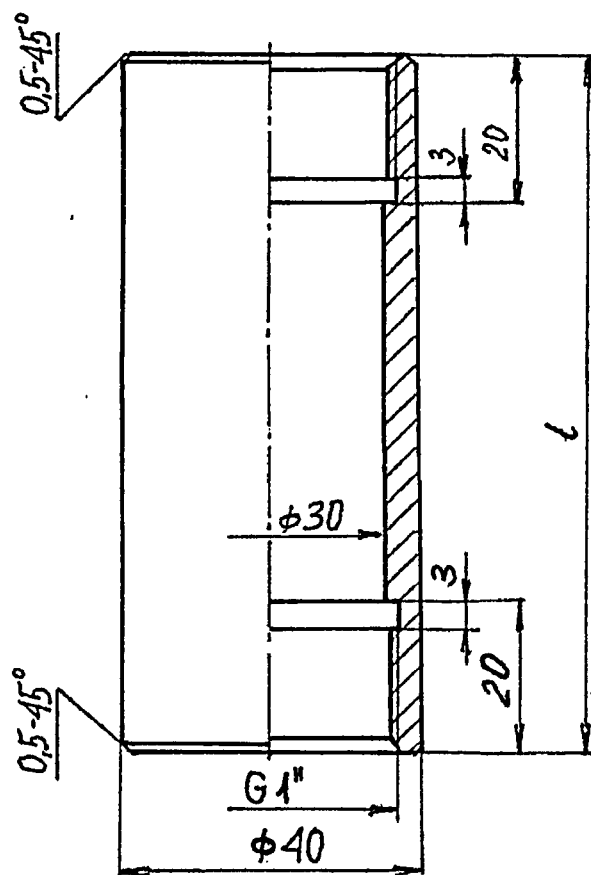
Czujnik CRT

Oznaczenia

- 1 - osłona (rys. 10)
- 2 - korpus (rys. 11)
- 3 - dkawik (rys. 12)
- 4 - uszczelka „O”  
18,3x2,4 dla CRT-30;  
CRT-50; CRT-80; CRT-120.  
22,3x2,4 dla CRT-190.

Rys. 9. Obudowy do czujników CRT  
Dobór długości osłony  $l$  (mm) dla różnych zanurzeń  $\bar{h}$

Czujnik	Zanurzenie względne, $\bar{h}$			
	0,2	0,4	0,6	0,8
CRT-30	100	70	40	—
CRT-50	180	130	80	30
CRT-80	300	220	140	60
CRT-120	460	340	220	100
CRT-190	460	340	220	100



Mat. szkło epoksydowe  
podz. 1:1

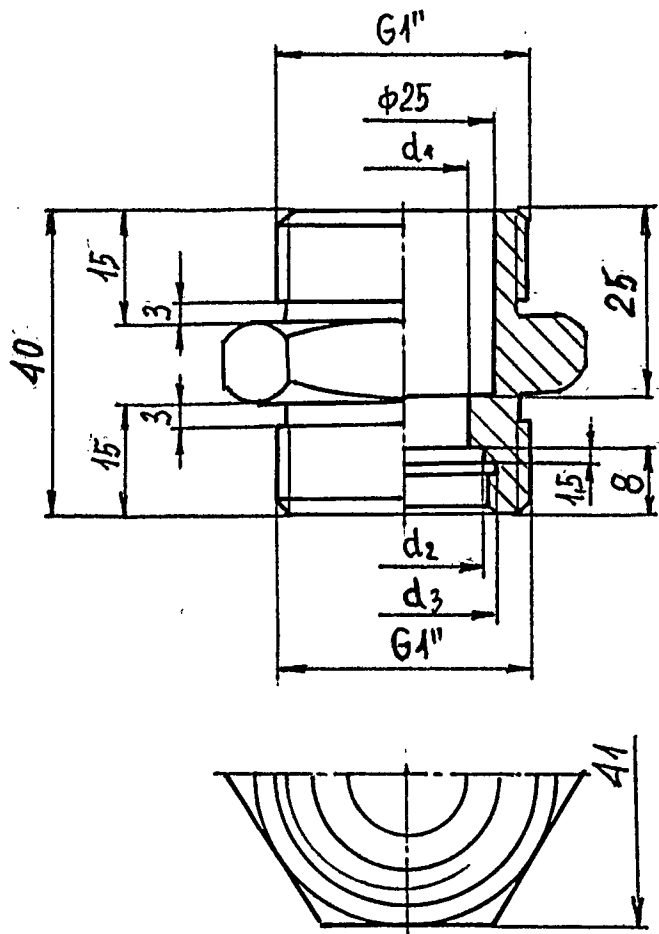
Długości osłon:

$l = 30^* ; 40^* ; 60 ; 70 ; 80 ; 100 ; 130 ; 140 ;$   
 $180 ; 220 ; 300 ; 340 ; 460.$

\*) gwint na całej długości osłony

Rys. 10. Osłona

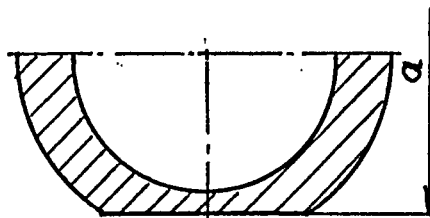
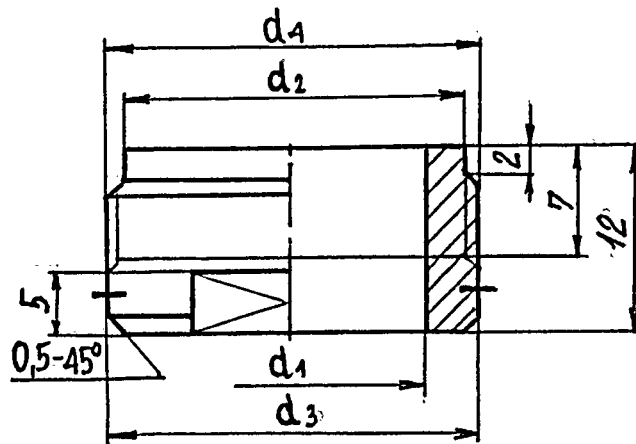




Mat. H17  
podz. 1:1

Rys. 11. Korpus

Czułnik	$d_1$	$d_2$	$d_3$
CRT-30; CRT-50; CRT-80; CRT-120	18,2	23	M25x1
CRT-190	22,2	27	M28x1

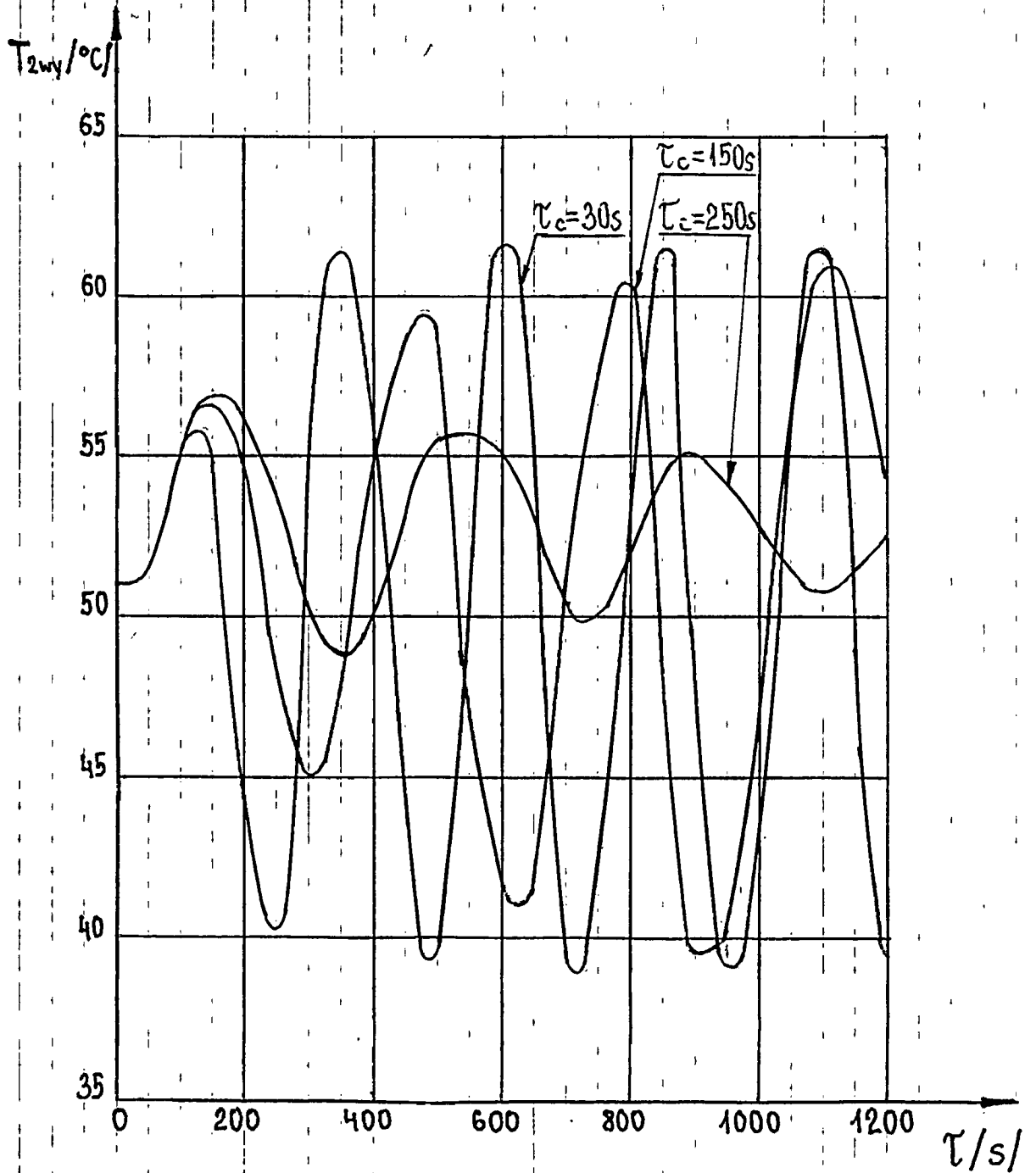


Mat. H17  
podz. 2:1

Rys. 12. Dławik

Czuźnik	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$a$
CRT-30; CRT-50; CRT-80 ; CRT-120	18,2	23,5	25	M25x1	22
CRT-190	22,2	26,7	28	M28x1	25

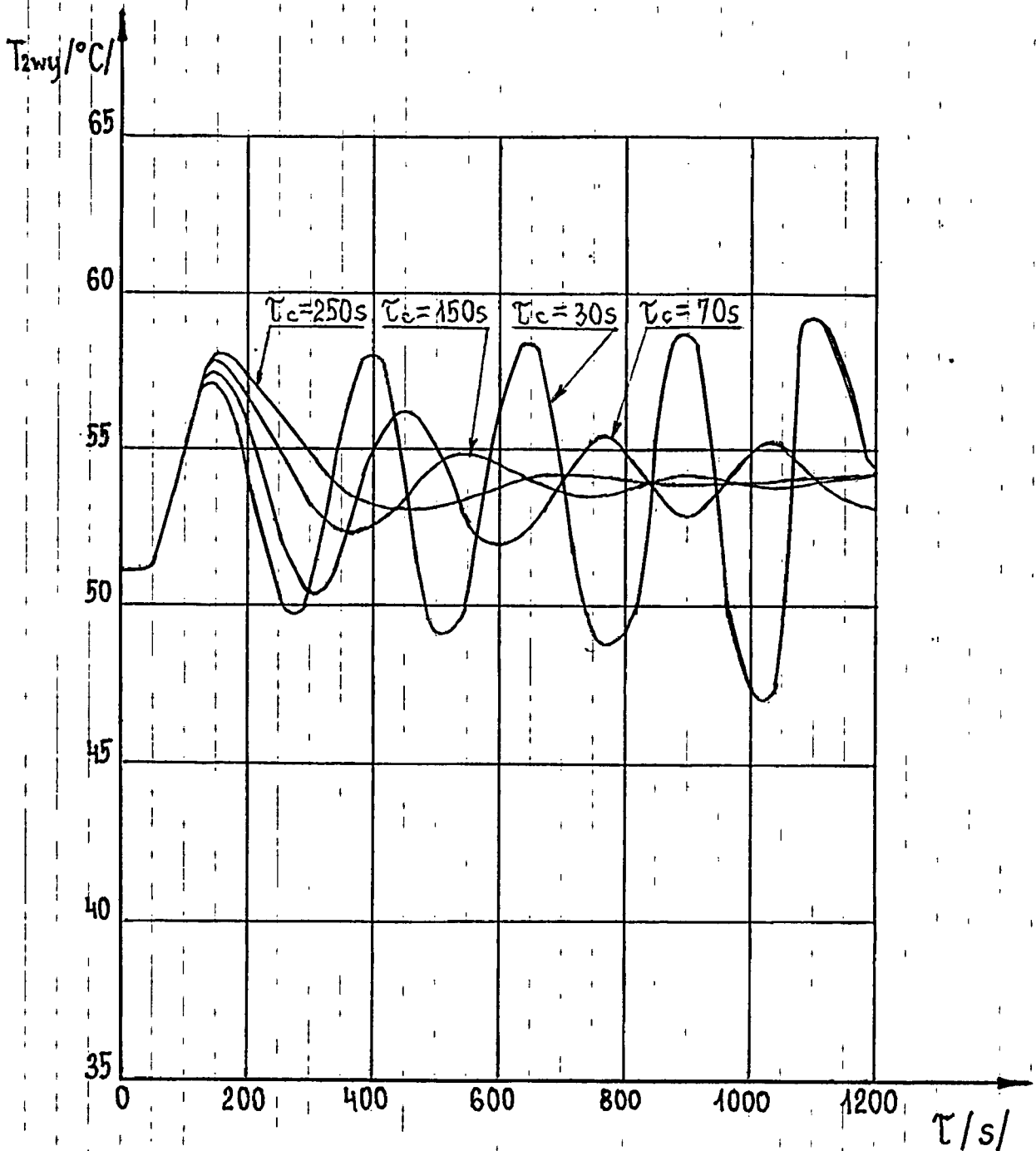
Wykres 1



Odpowiedź przejściowa układu regulacji temperatury z regulatorem proporcjonalnym o standardowym zakresie proporcjonalności i różnych stałych czasowych na skokowy przyrost temperatury wejściowej w obwodzie pierwotnym wymiennika.

27

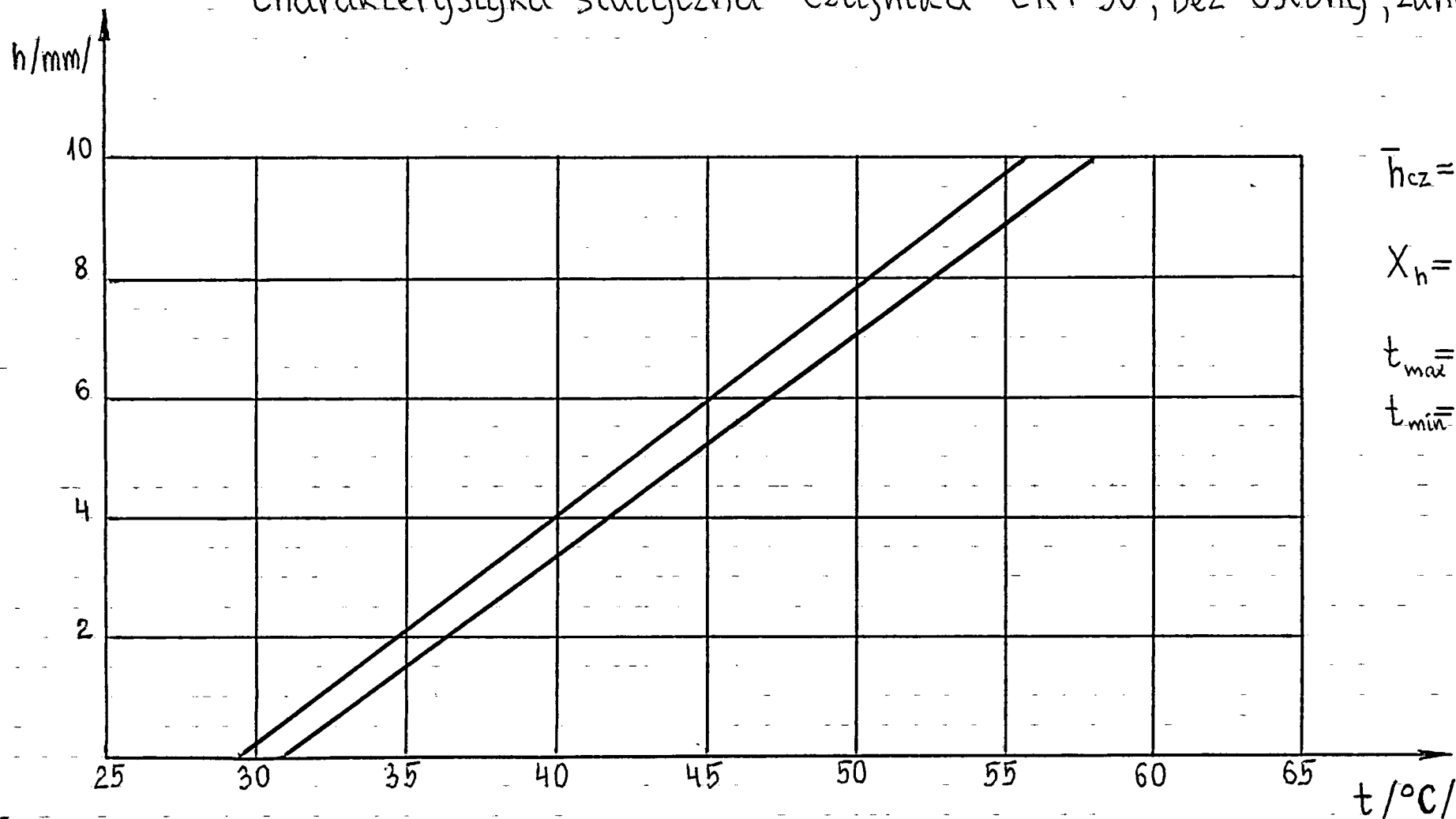
Wykres 2.



Odpowiedzi przejściowe układu regulacji temperatury z regulatorem proporcjonalnym o zakresie proporcjonalności zwiększonym z 7K do 15K i różnych stałych czasowych na skokowy przyrost temperatury wejściowej w obwodzie pierwotnym wymiennika.

### Wykres 3

Charakterystyka statyczna czujnika CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h}=1$



$$\bar{h}_{cz} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = 0,37 \frac{\text{mm}}{^\circ\text{C}}$$

$$X_h = 1,5 \div 2,0 ^\circ\text{C}$$

$$t_{max} = 58,0 ^\circ\text{C}$$

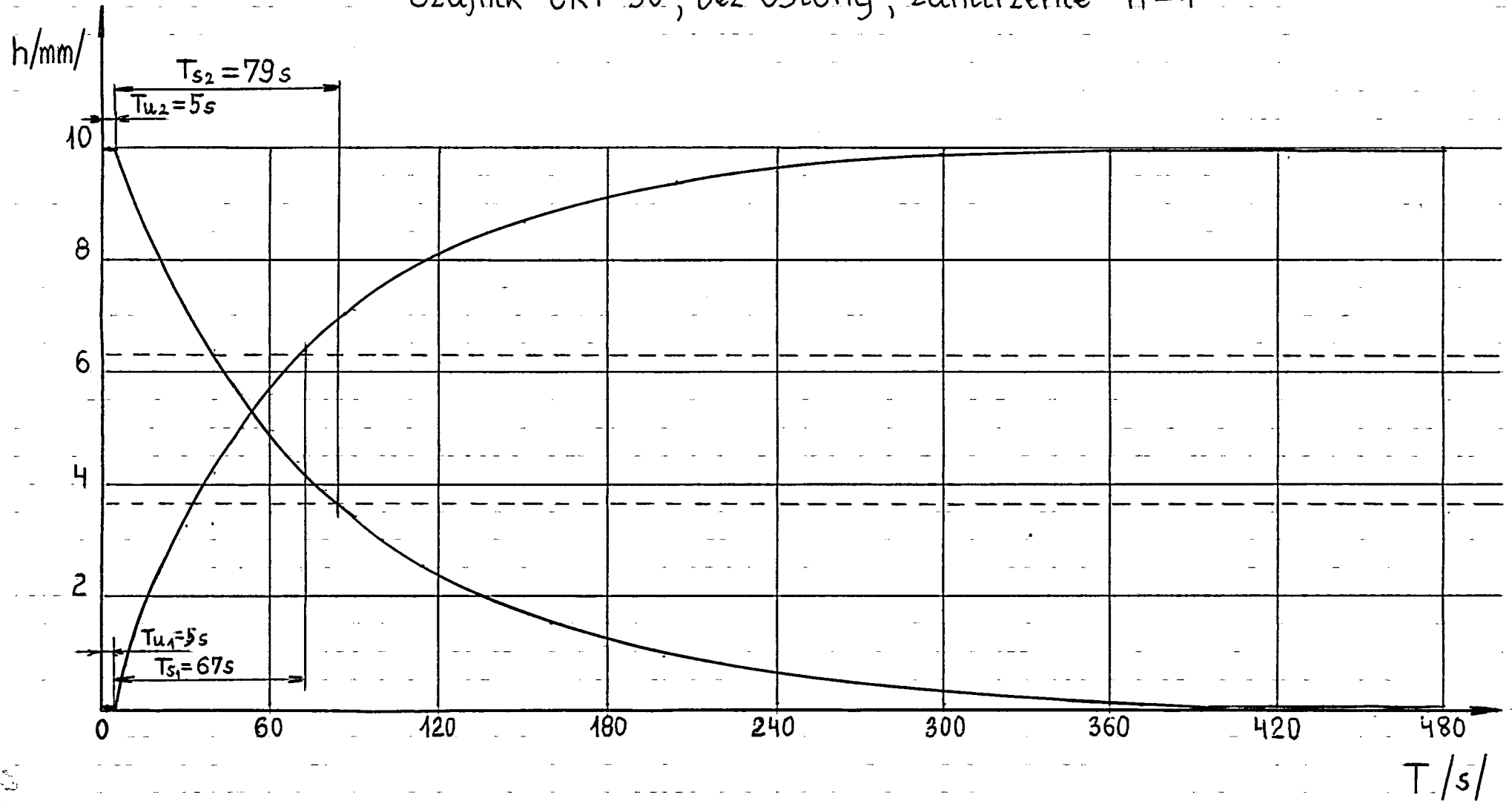
$$t_{min} = 29,5 ^\circ\text{C}$$

- 28 -

6/6

# Wykres 4

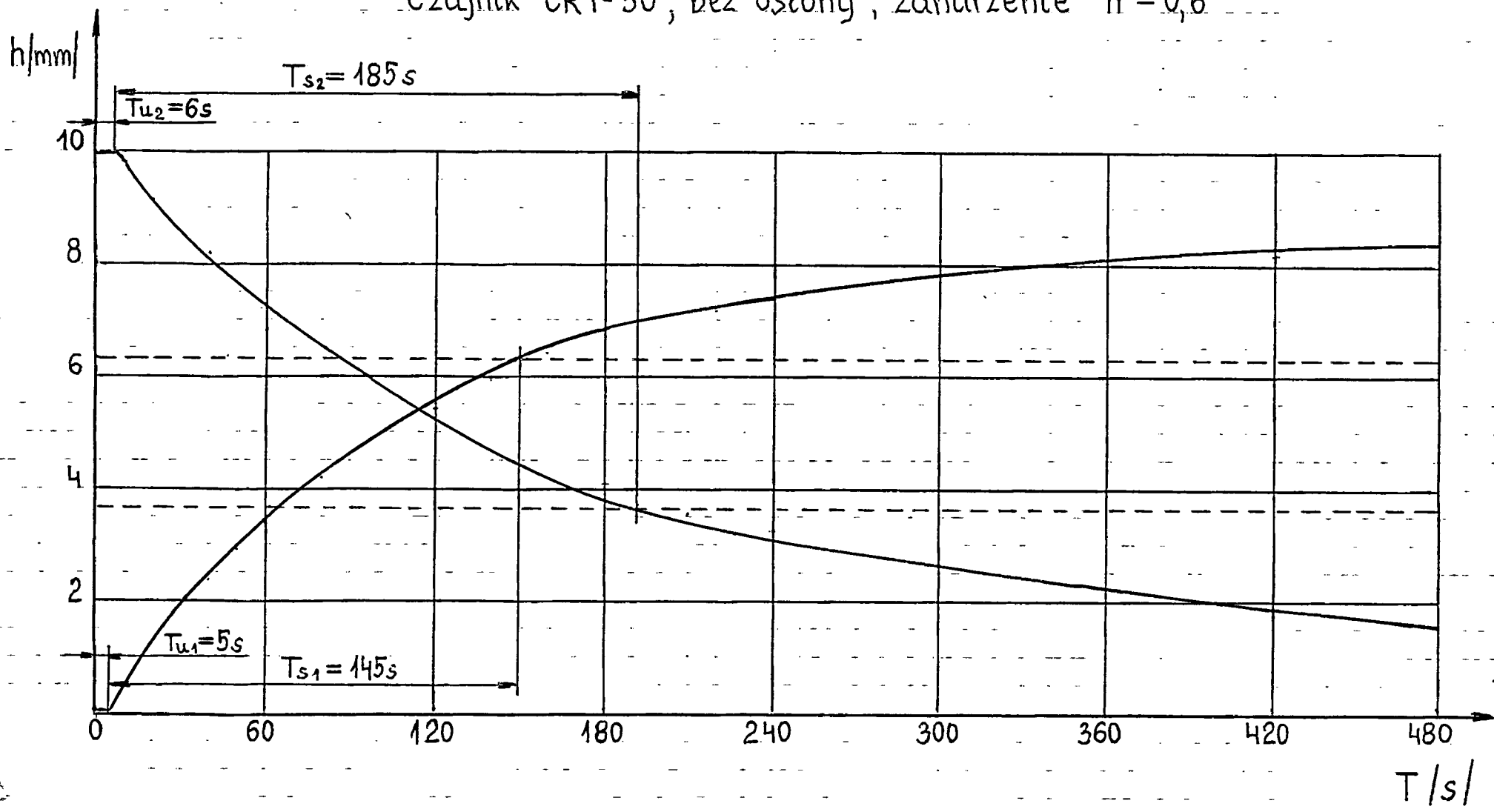
Czułnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h}=1$



00

### Wykres 5

Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,6$

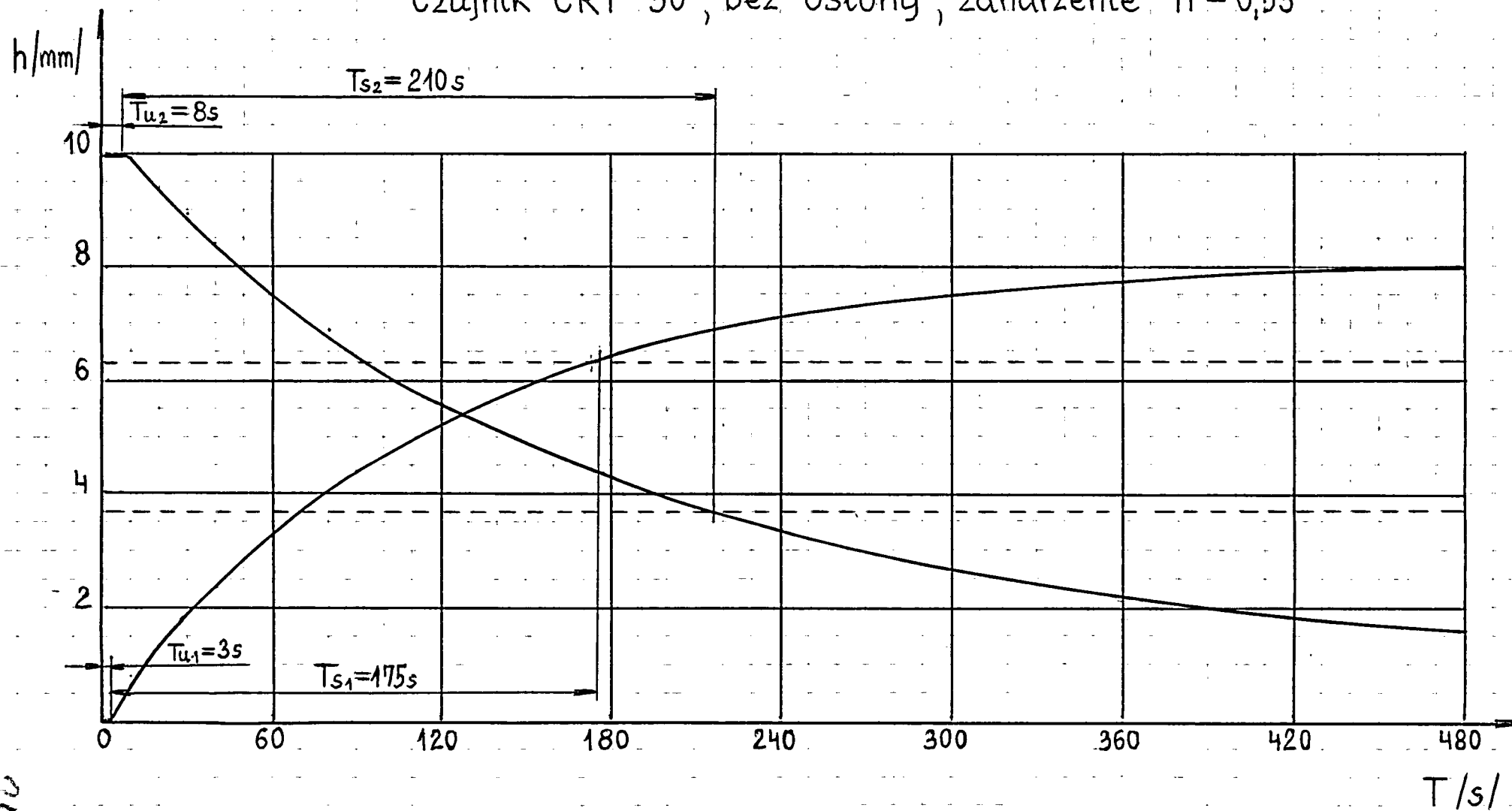


-30-

192

Wykres 6

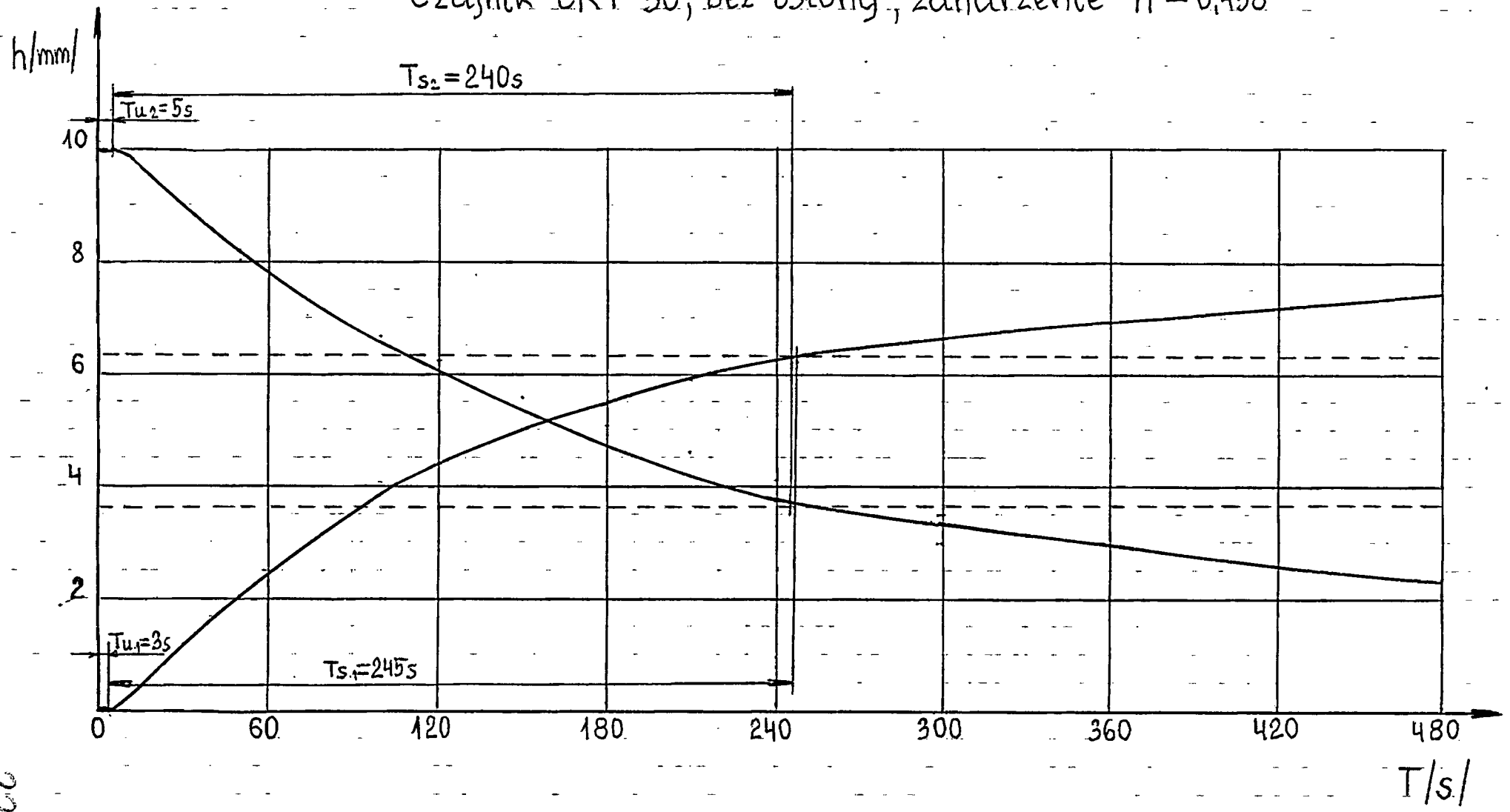
Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,53$





Wykres 7

Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,458$

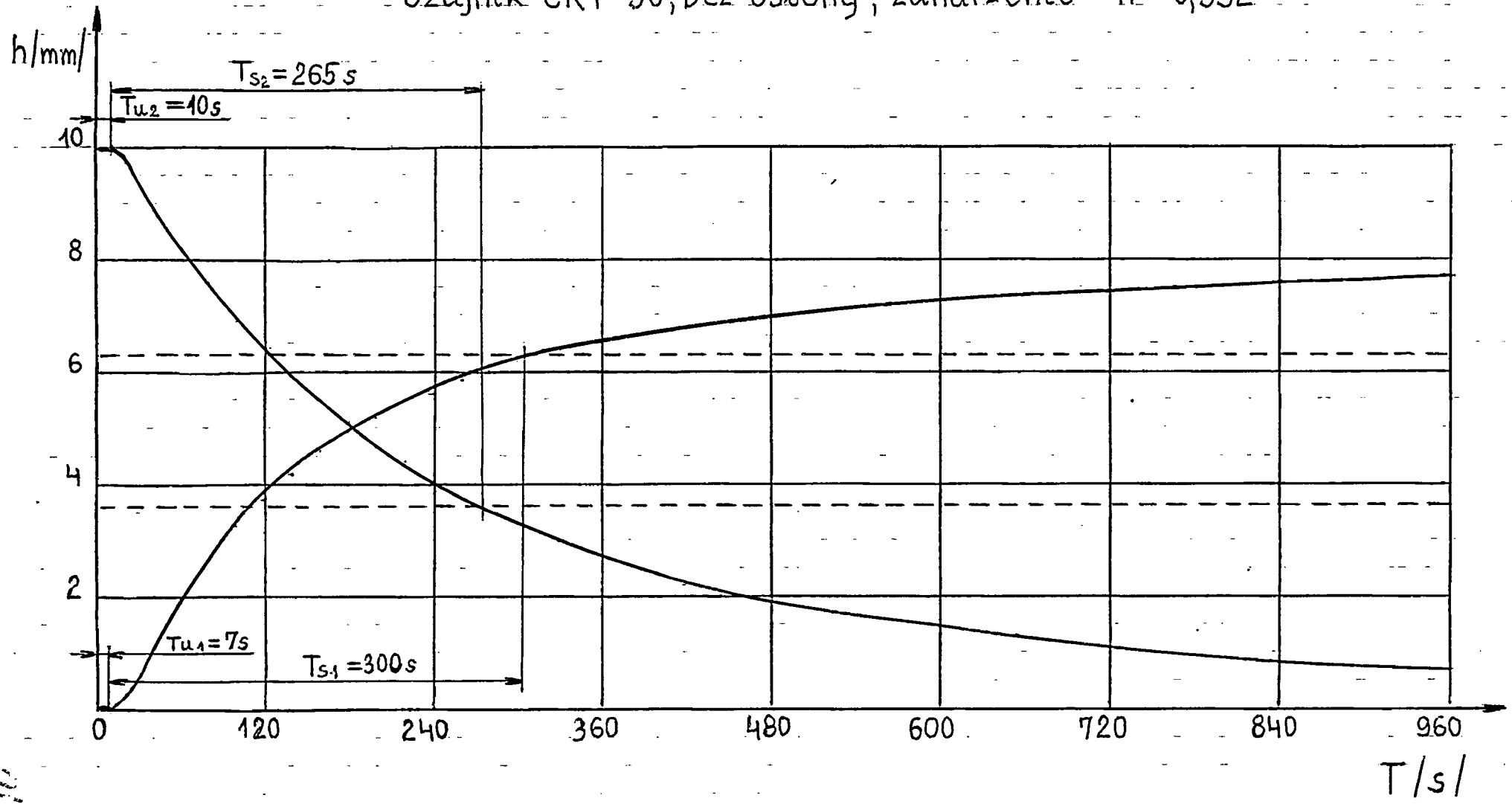


- 32 -

32

Wykres 8

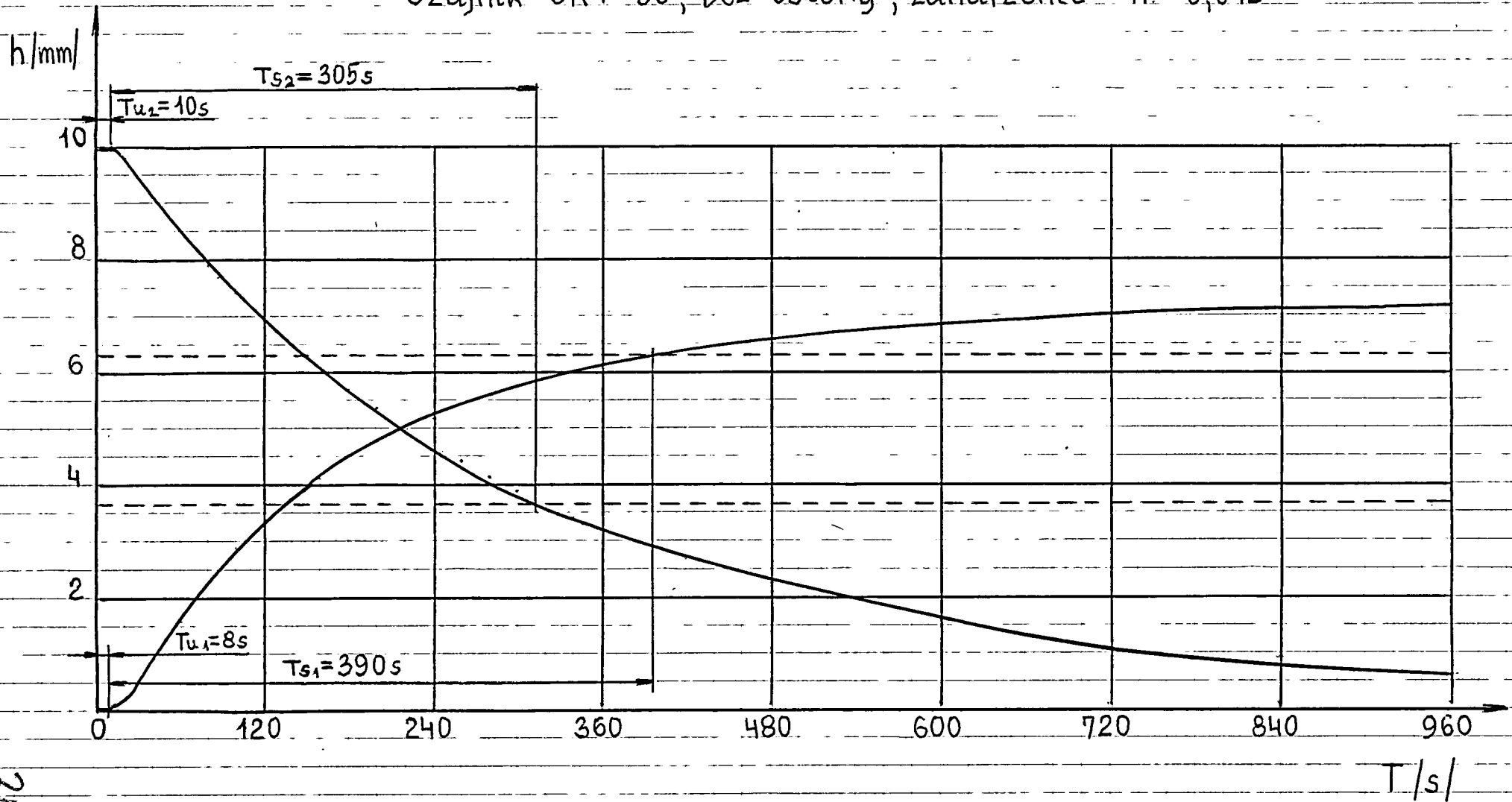
Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,392$



199

Wykres 9

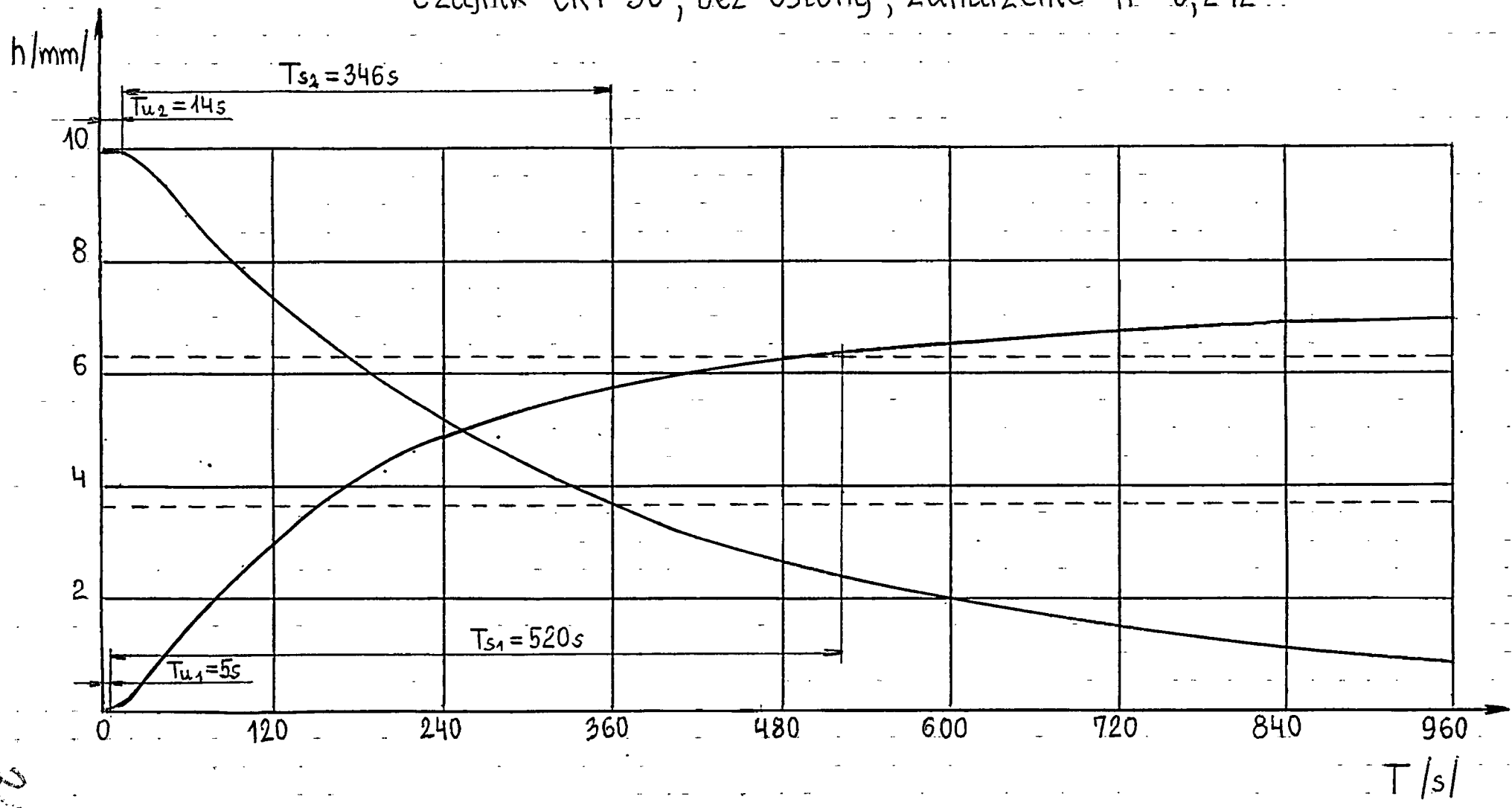
Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,312$



- 34 -

35

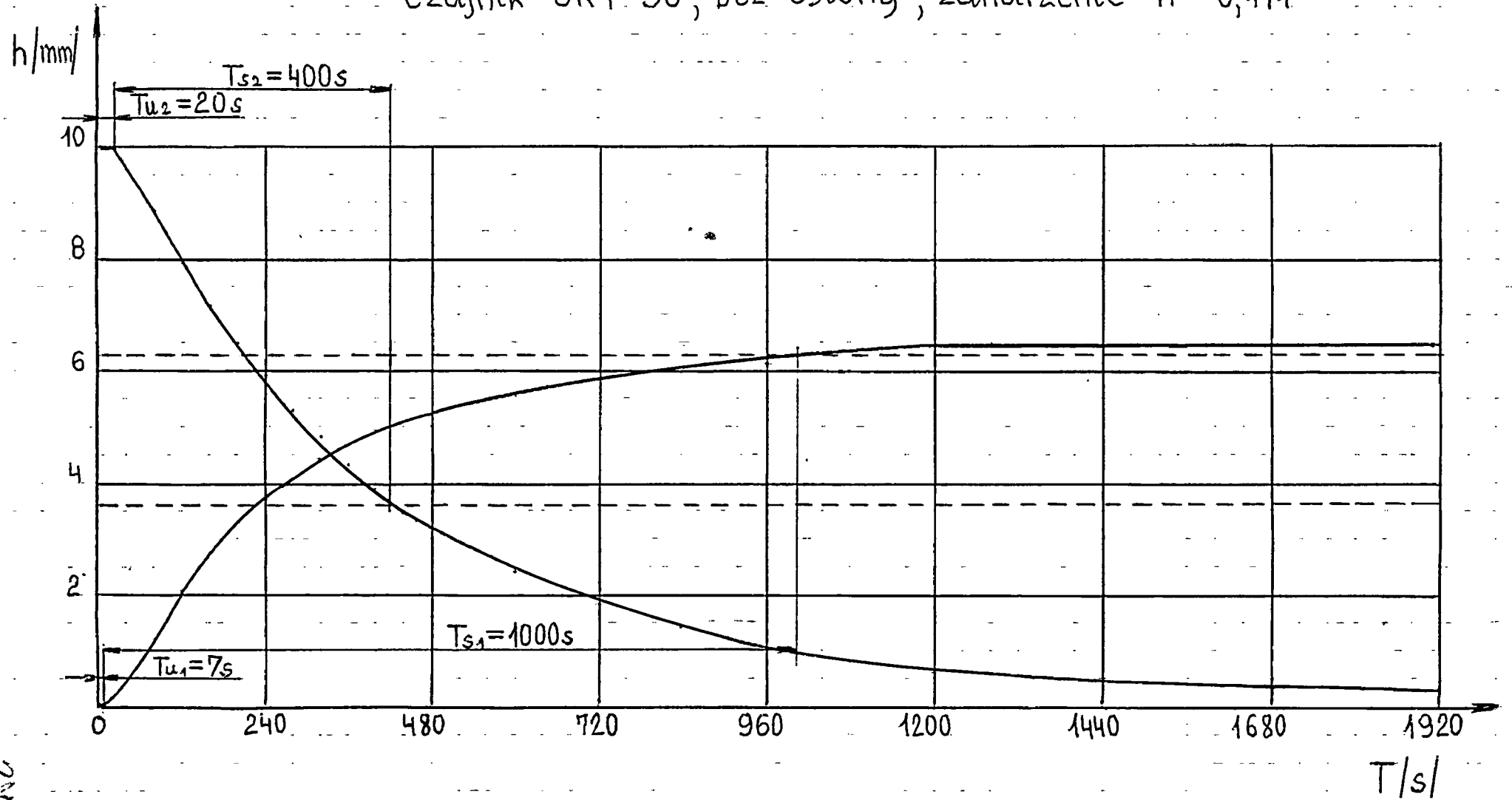
Wykres 10  
Czułnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,242$



- 35 -

99

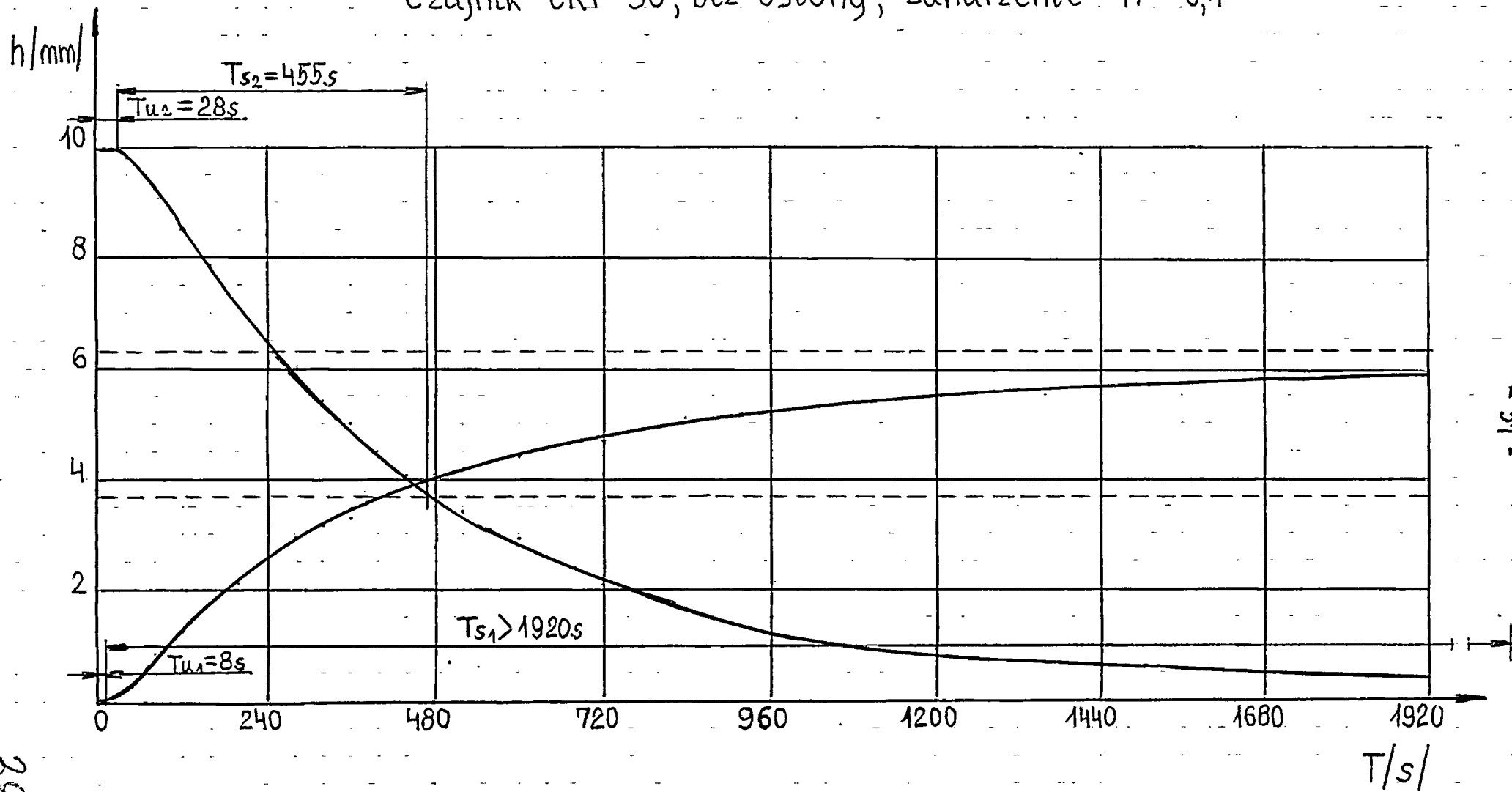
Wykres 11  
 Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,171$

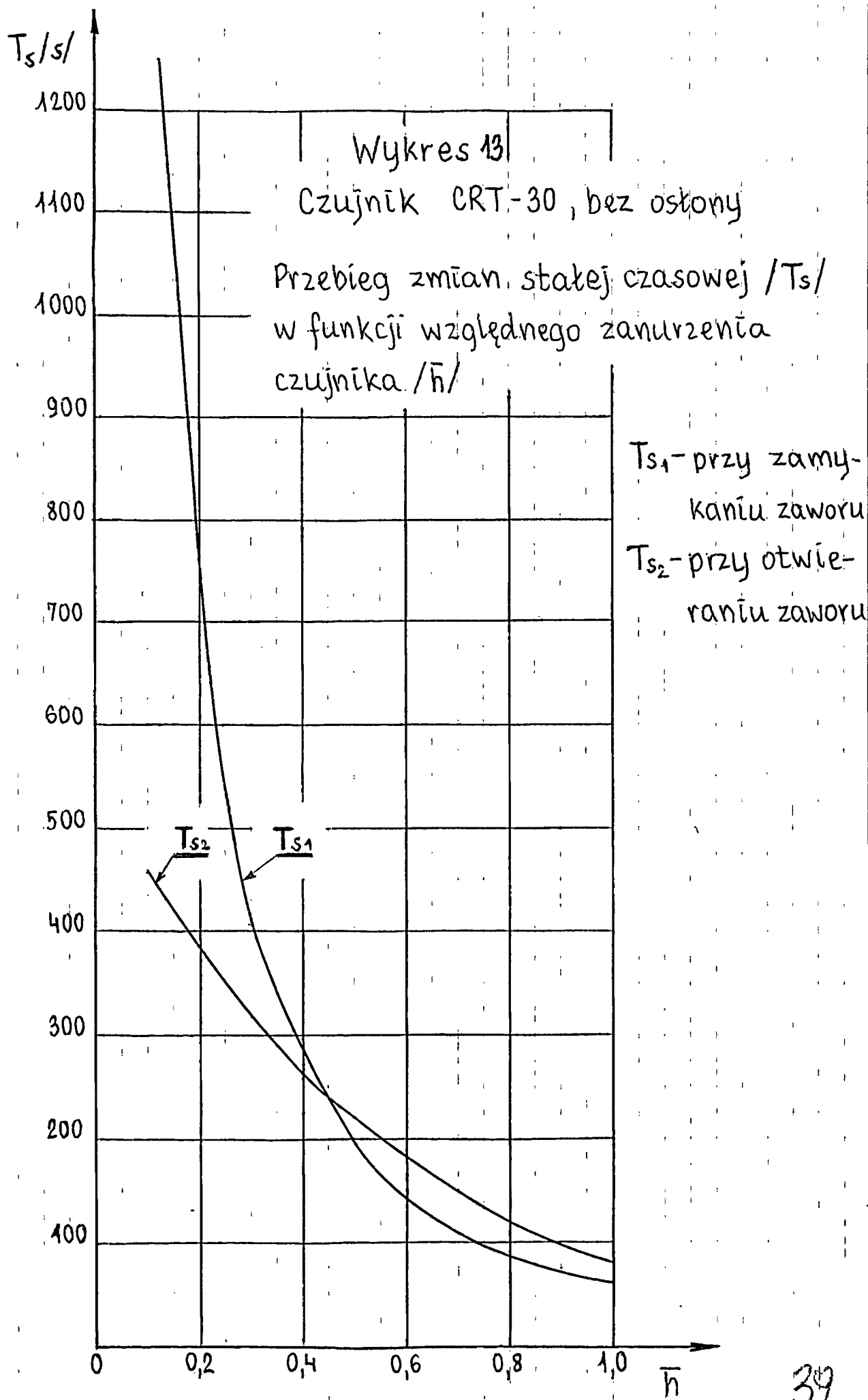


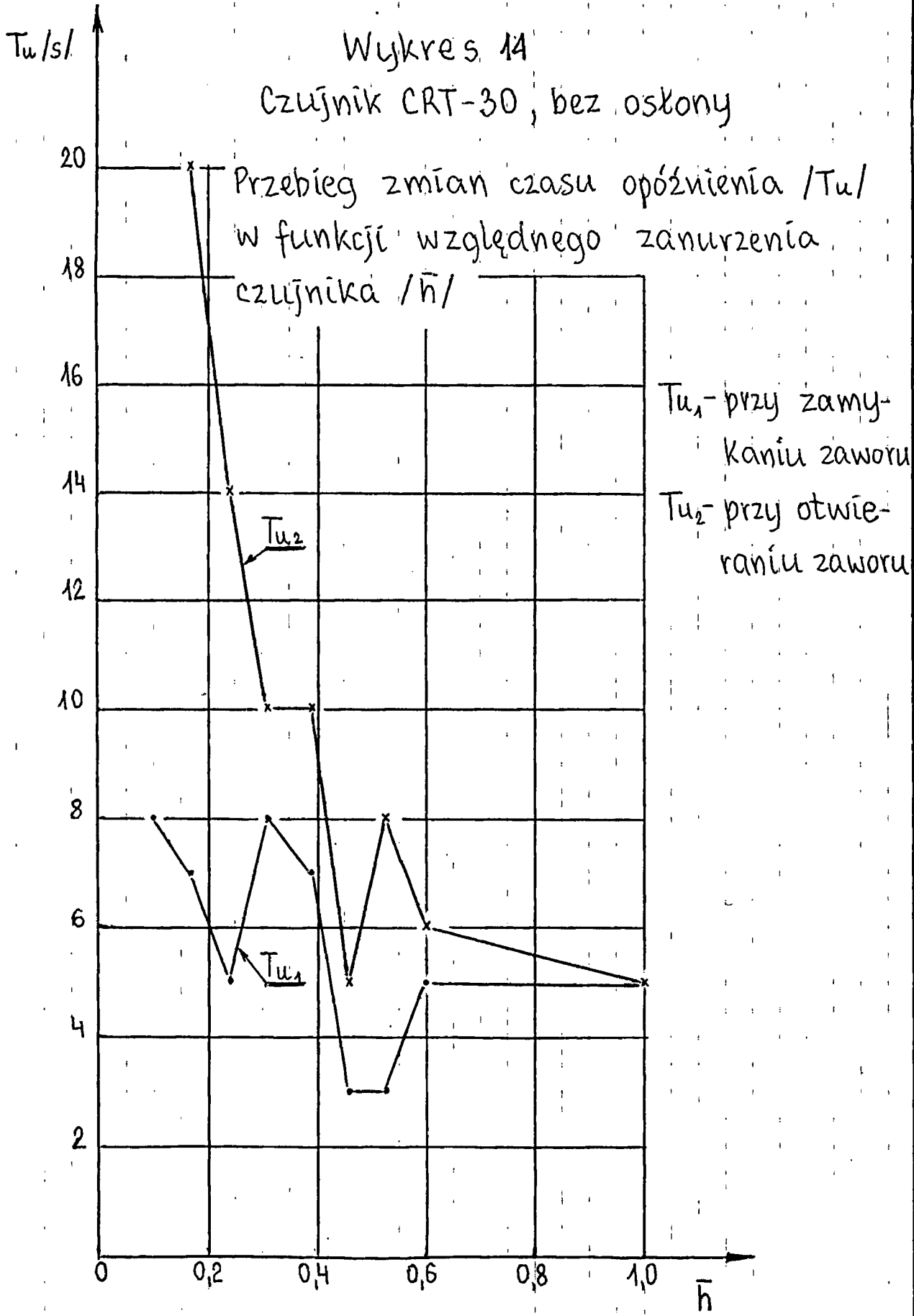
20/1

Wykres 12

Czujnik CRT-30, bez osłony, zanurzenie  $\bar{h} = 0,1$





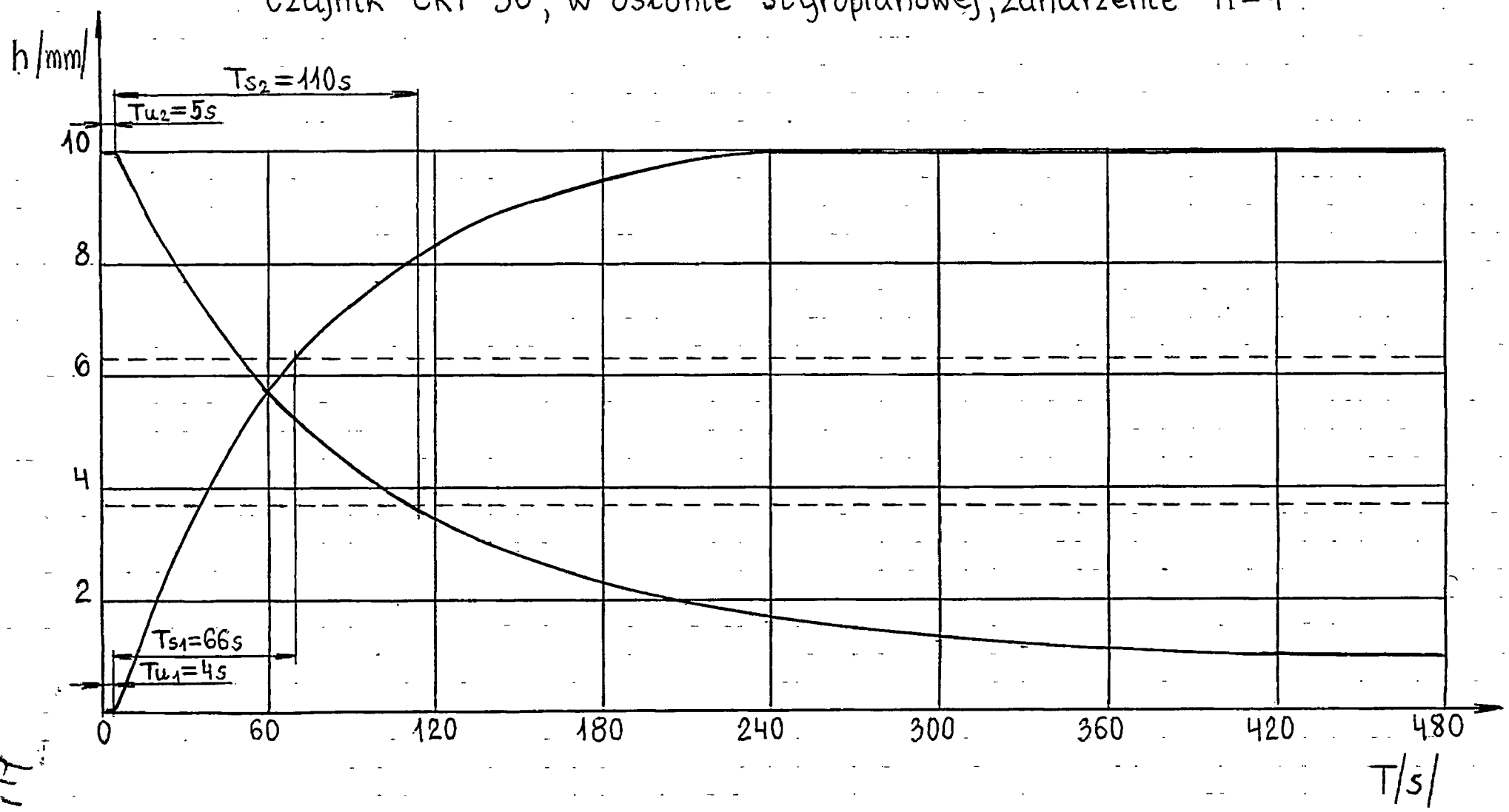


210



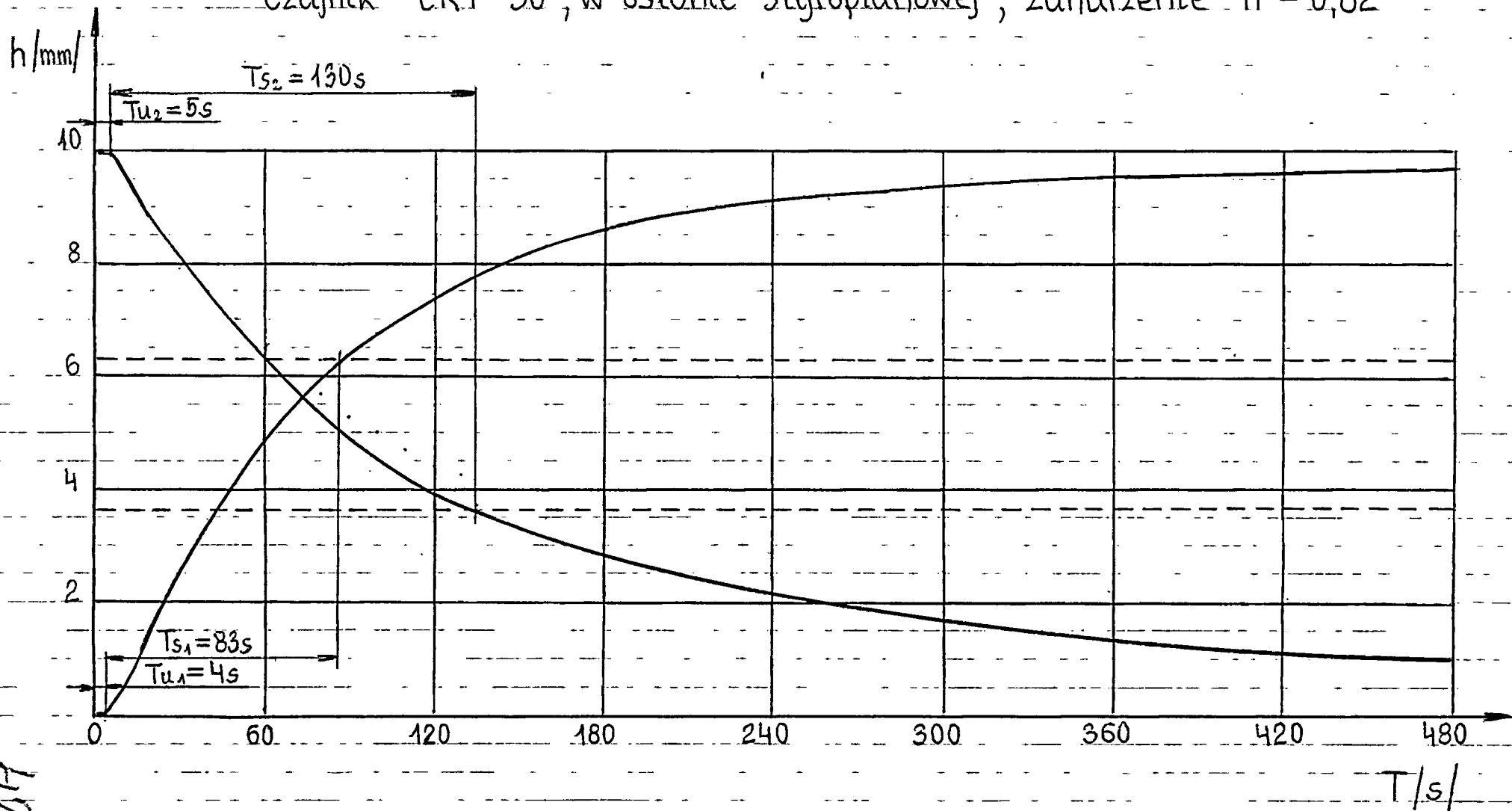
Wykres 15

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h}=1$



Wykres 16

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,82$

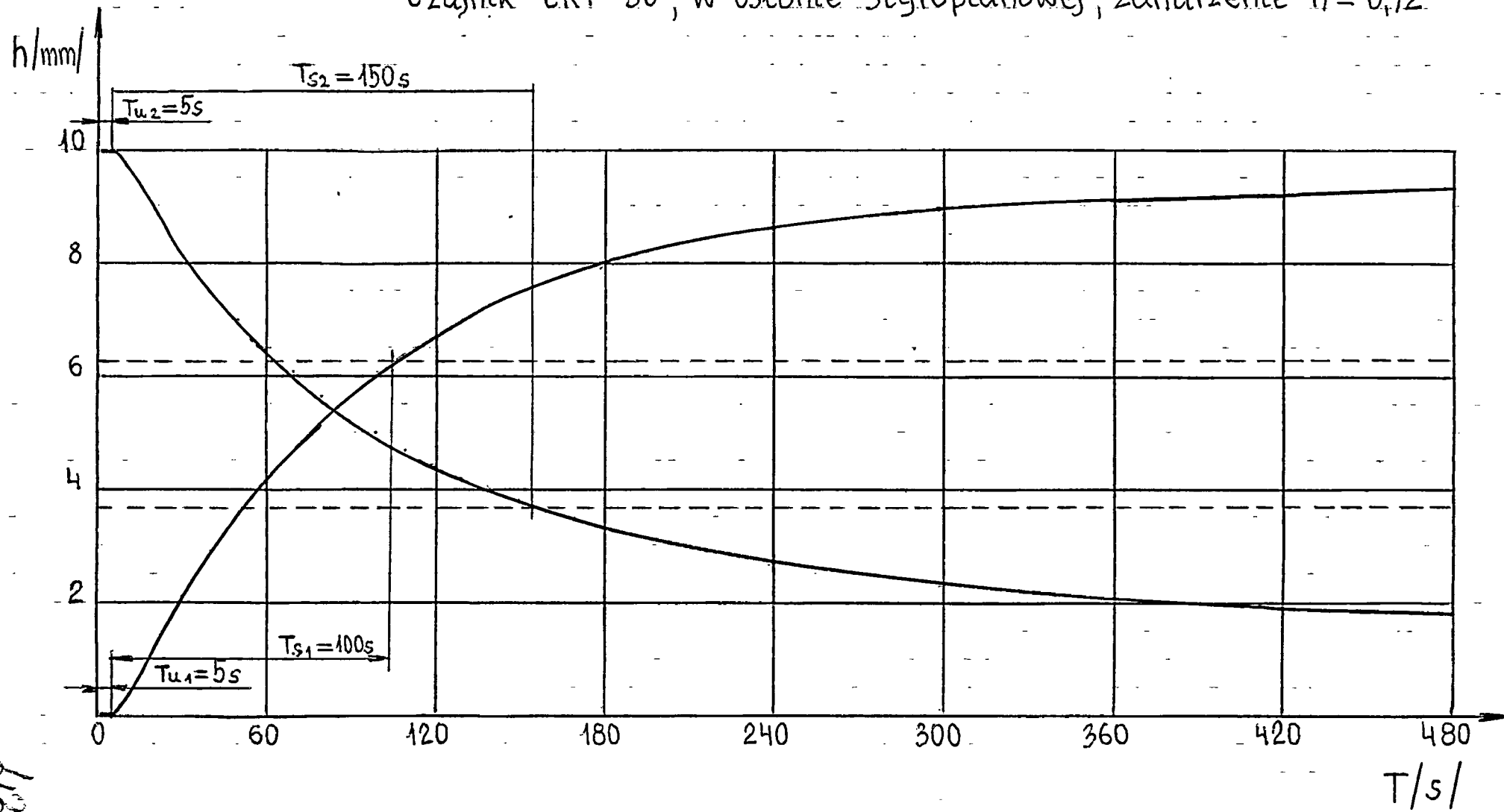


412

-41-

Wykres 17

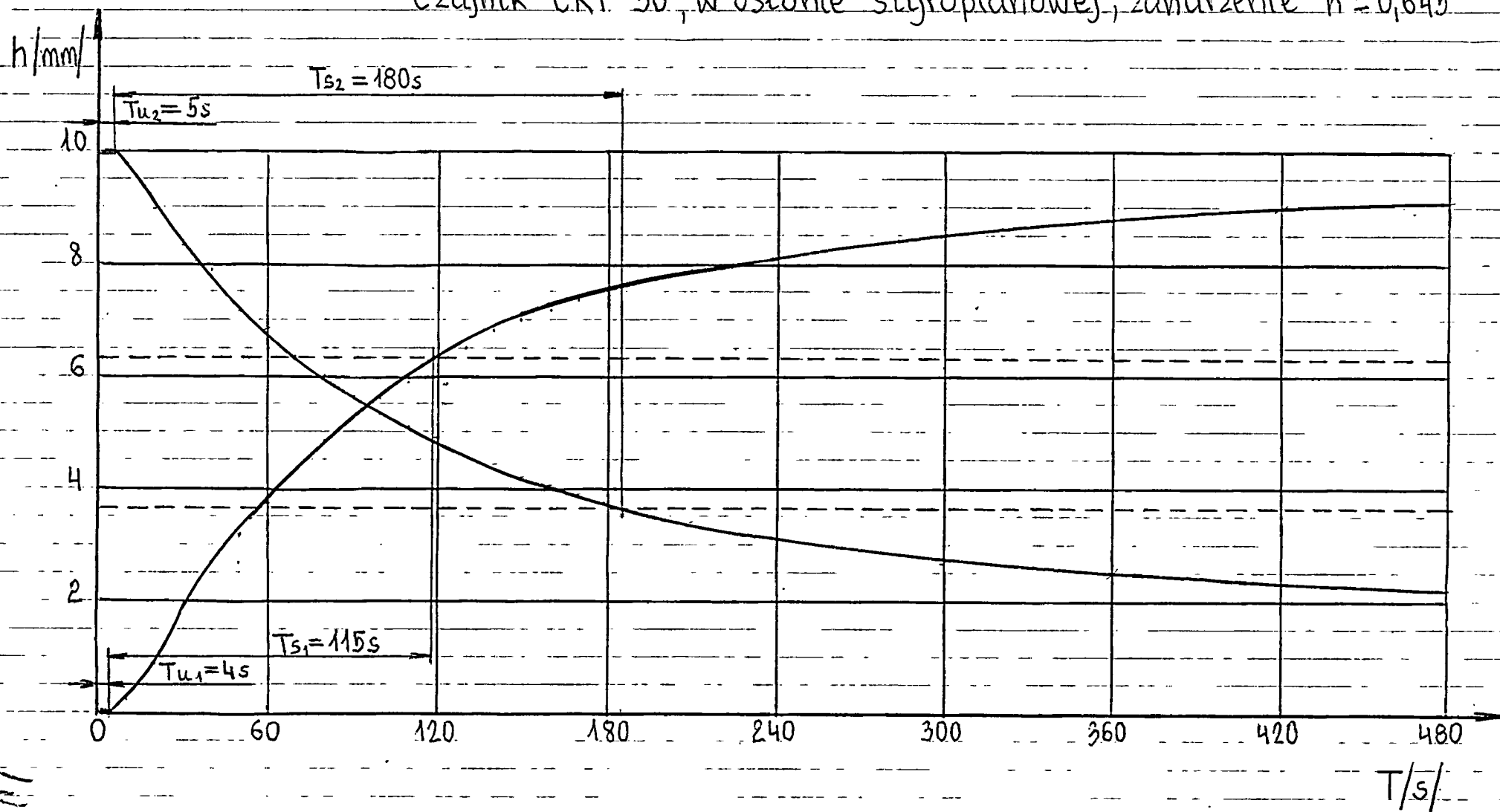
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,72$



17

Wykres 18

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,645$

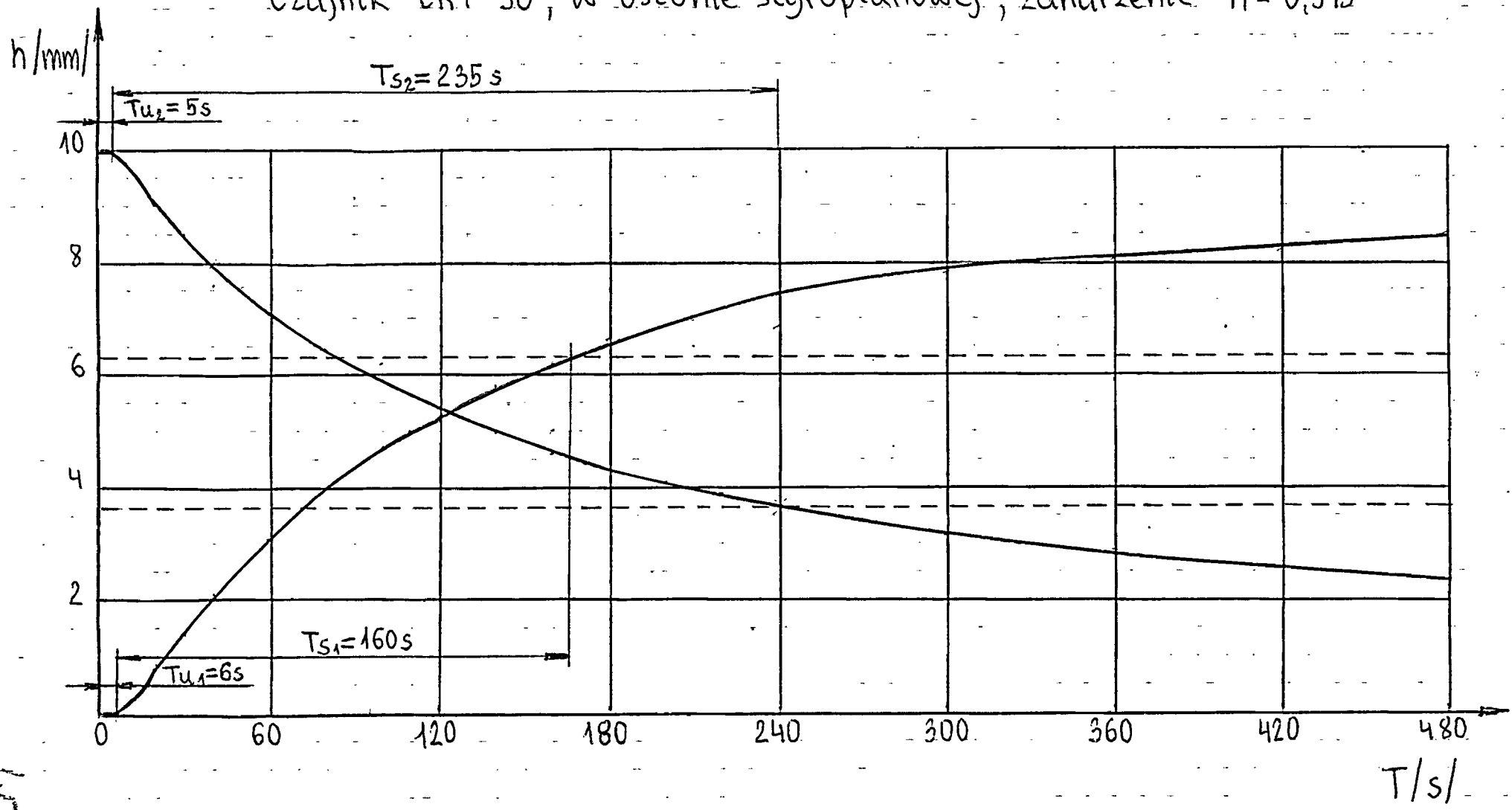


- 43 -

44

### Wykres 19

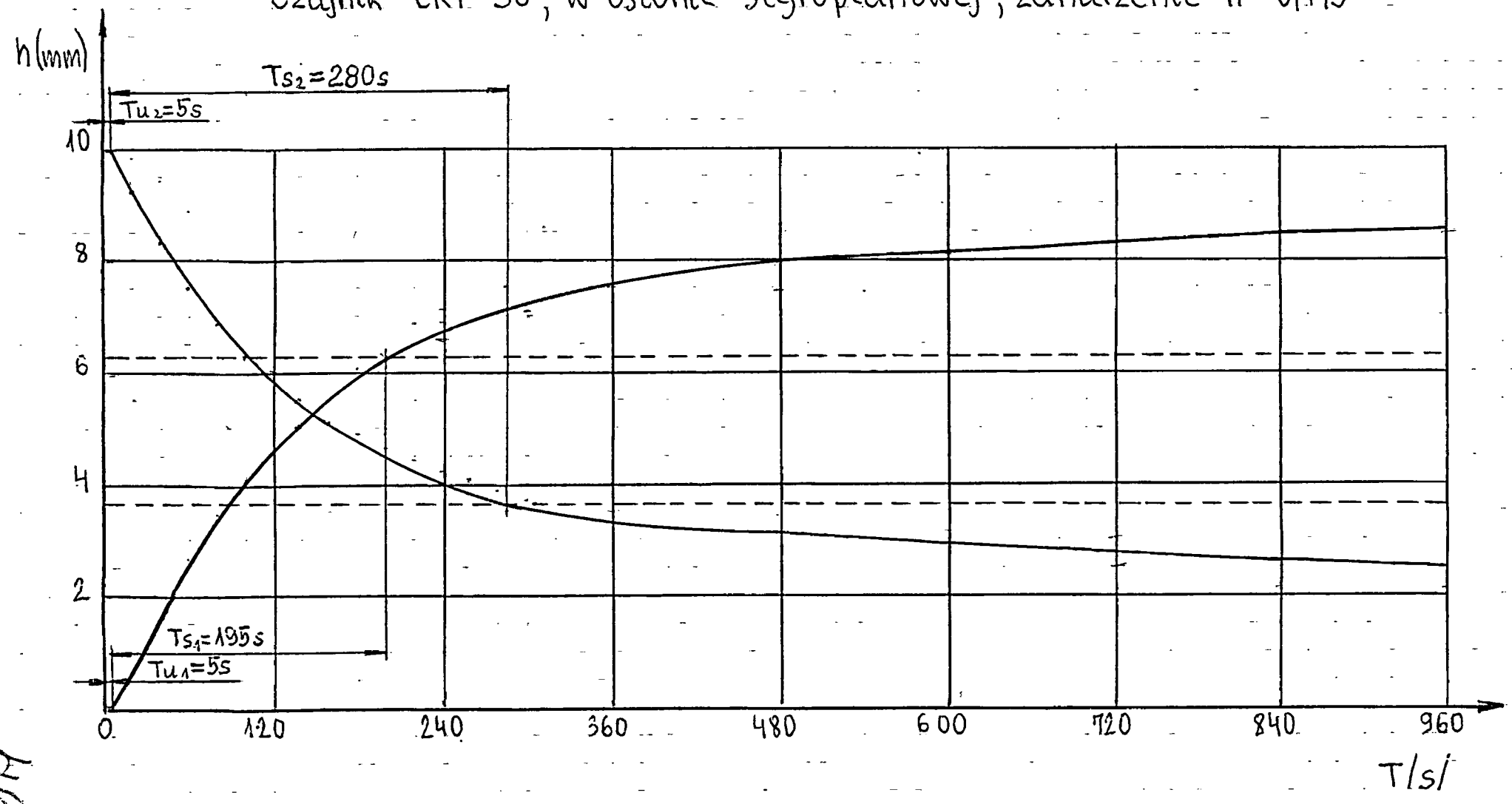
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,545$



5/17

### Wykres 20

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,475$

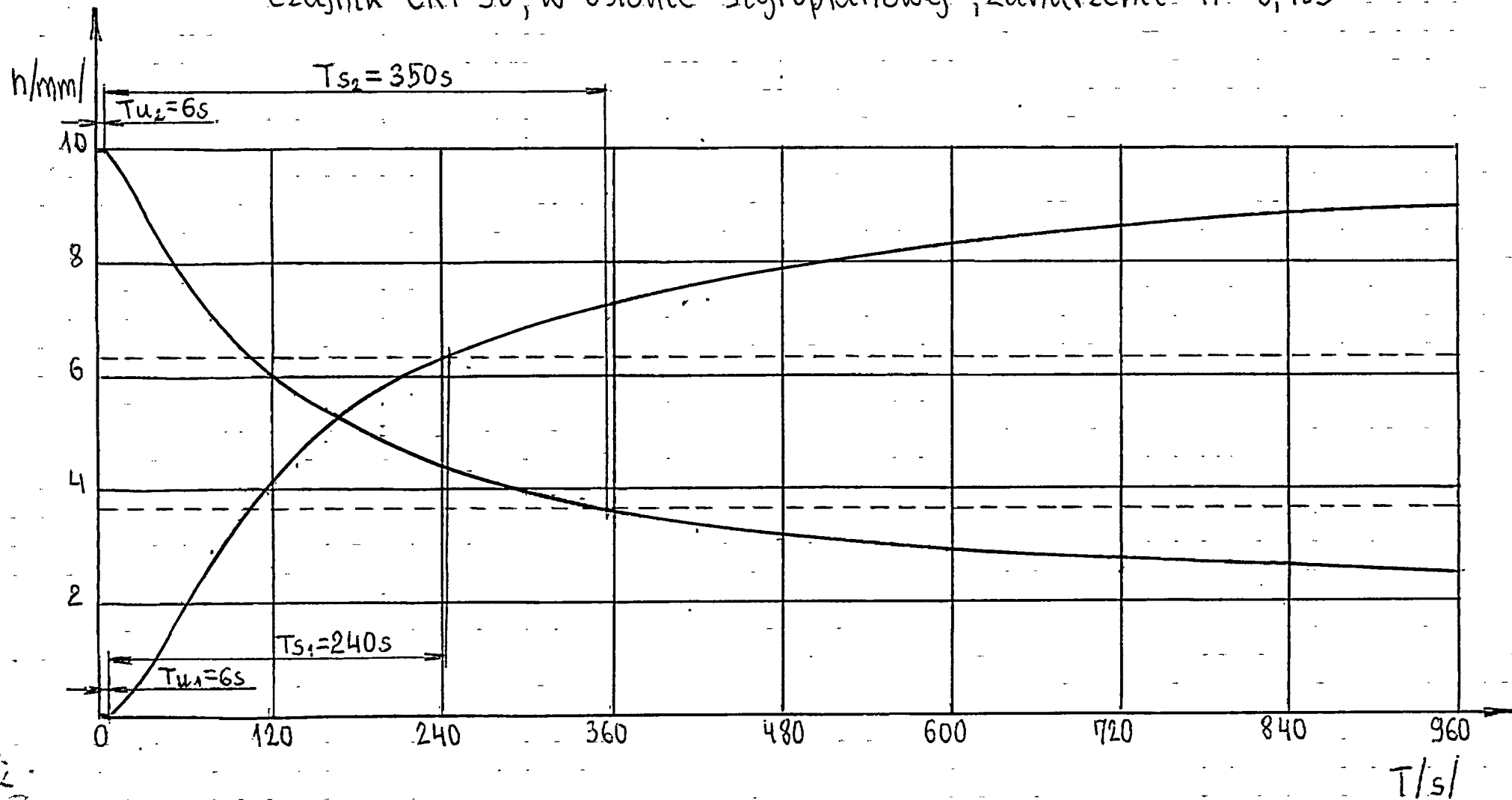


-45-

94

Wykres 21

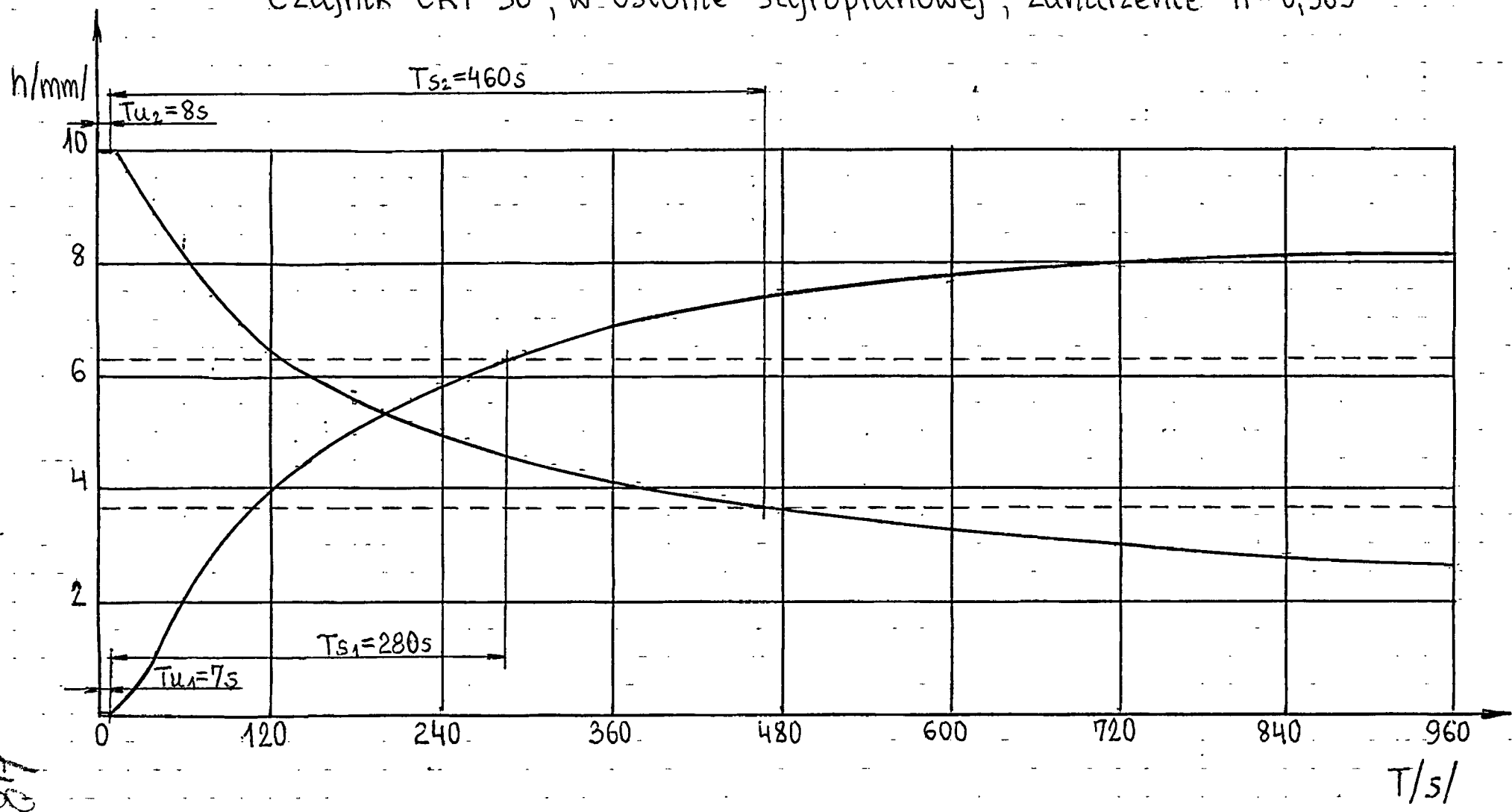
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,403$



1/2

Wykres 22

Czułnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,365$

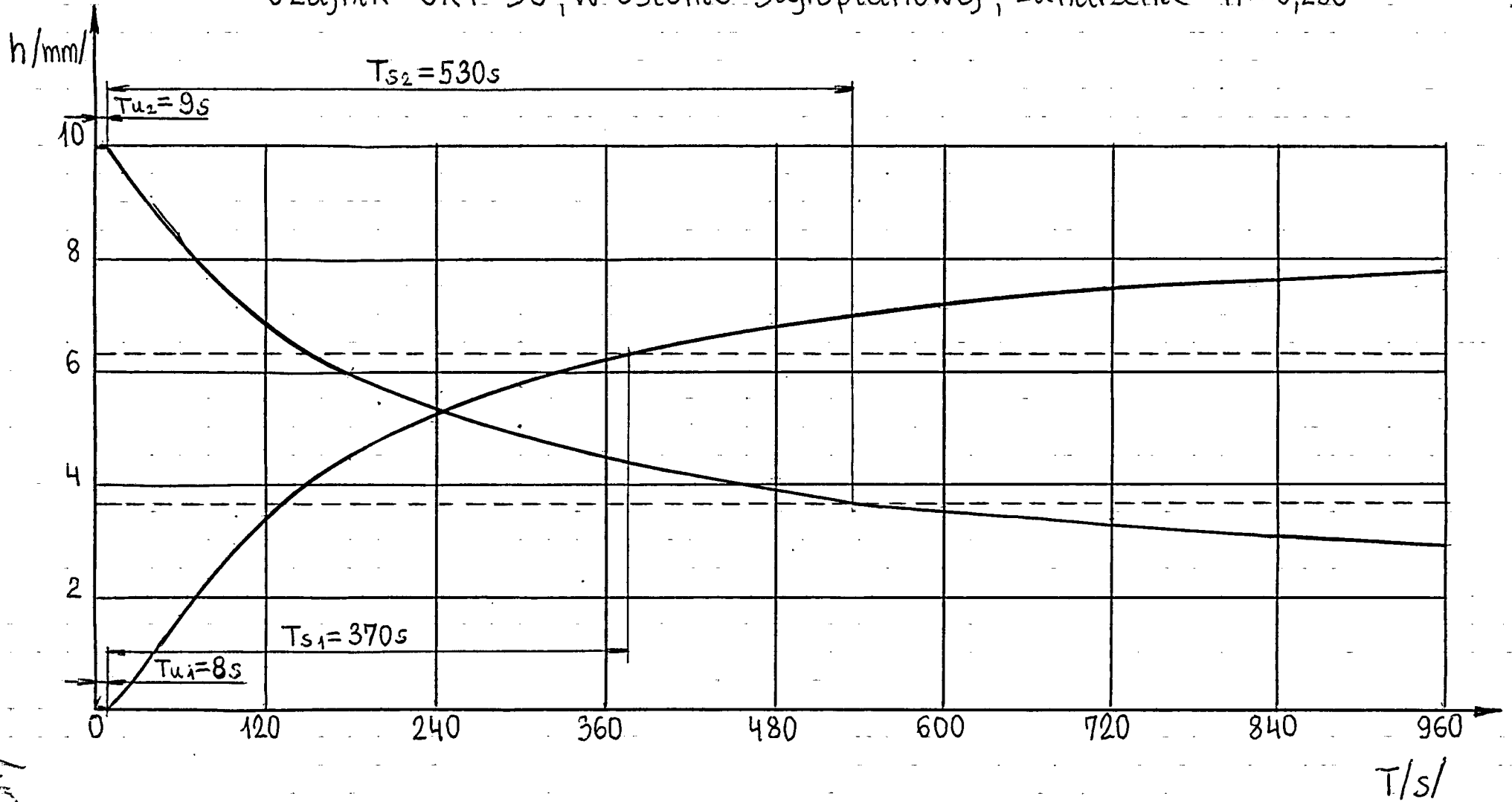


48



Wykres 23

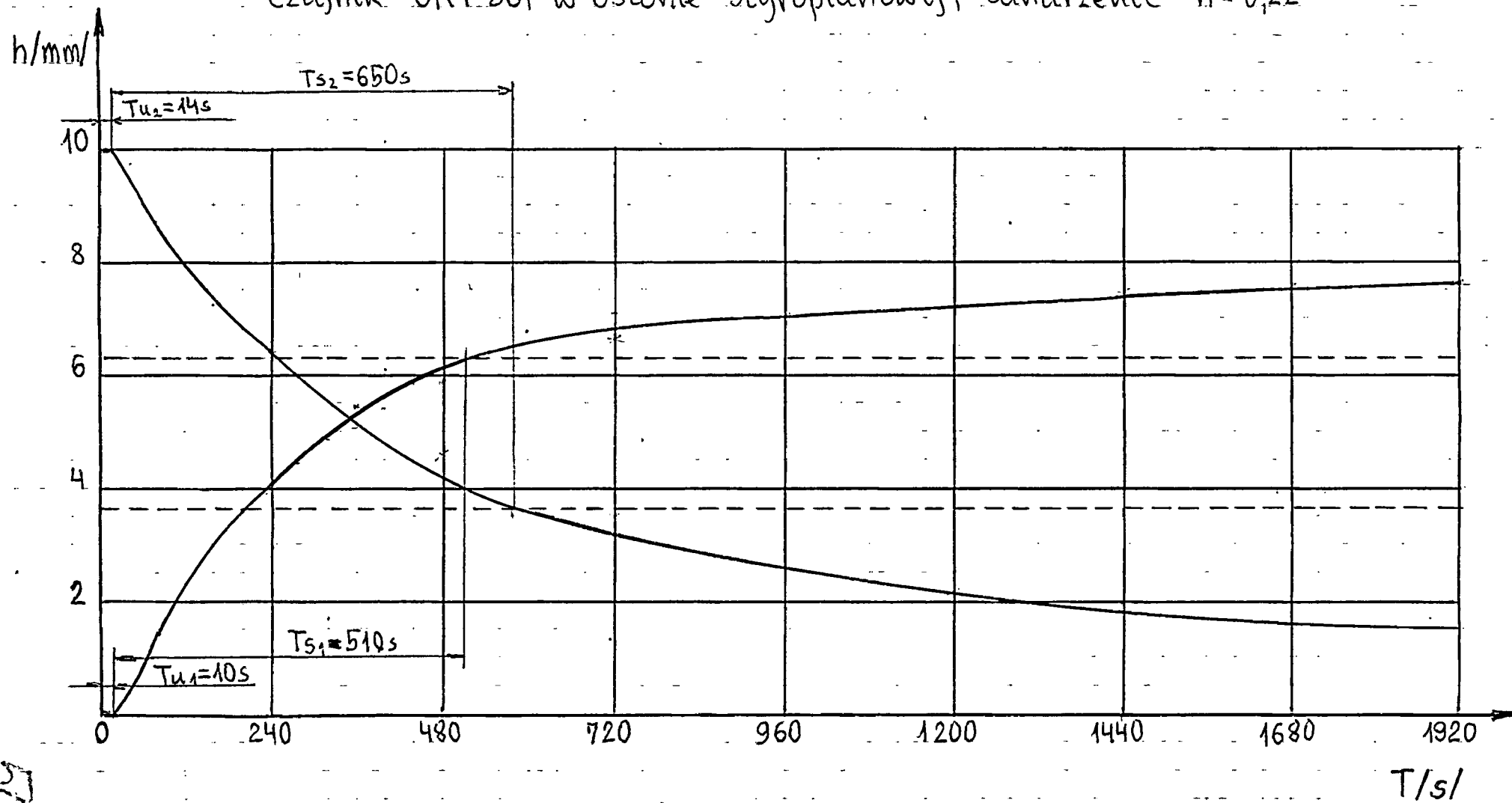
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,286$



49

Wykres 24

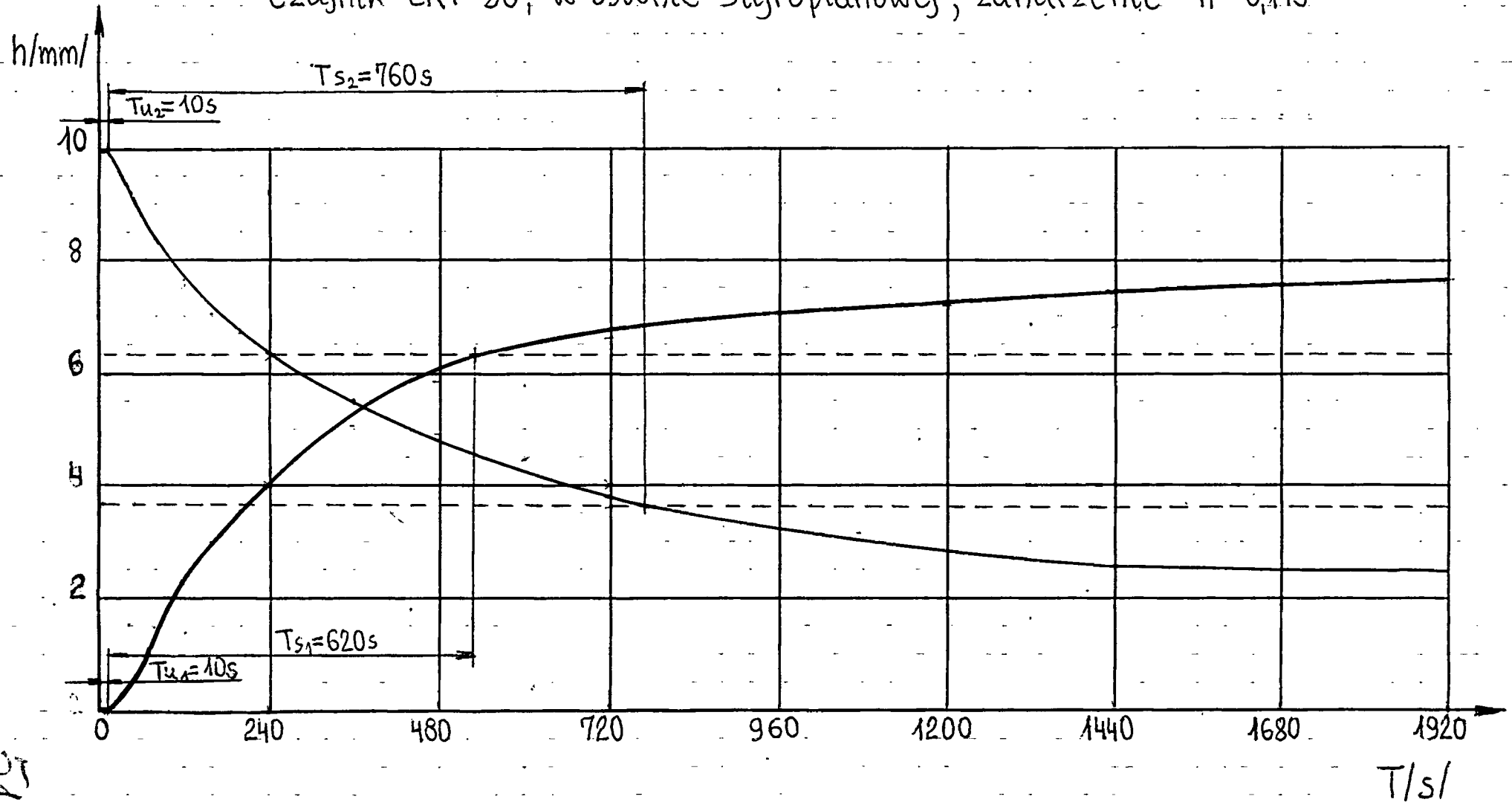
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,22$



50

Wykres 25

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,179$

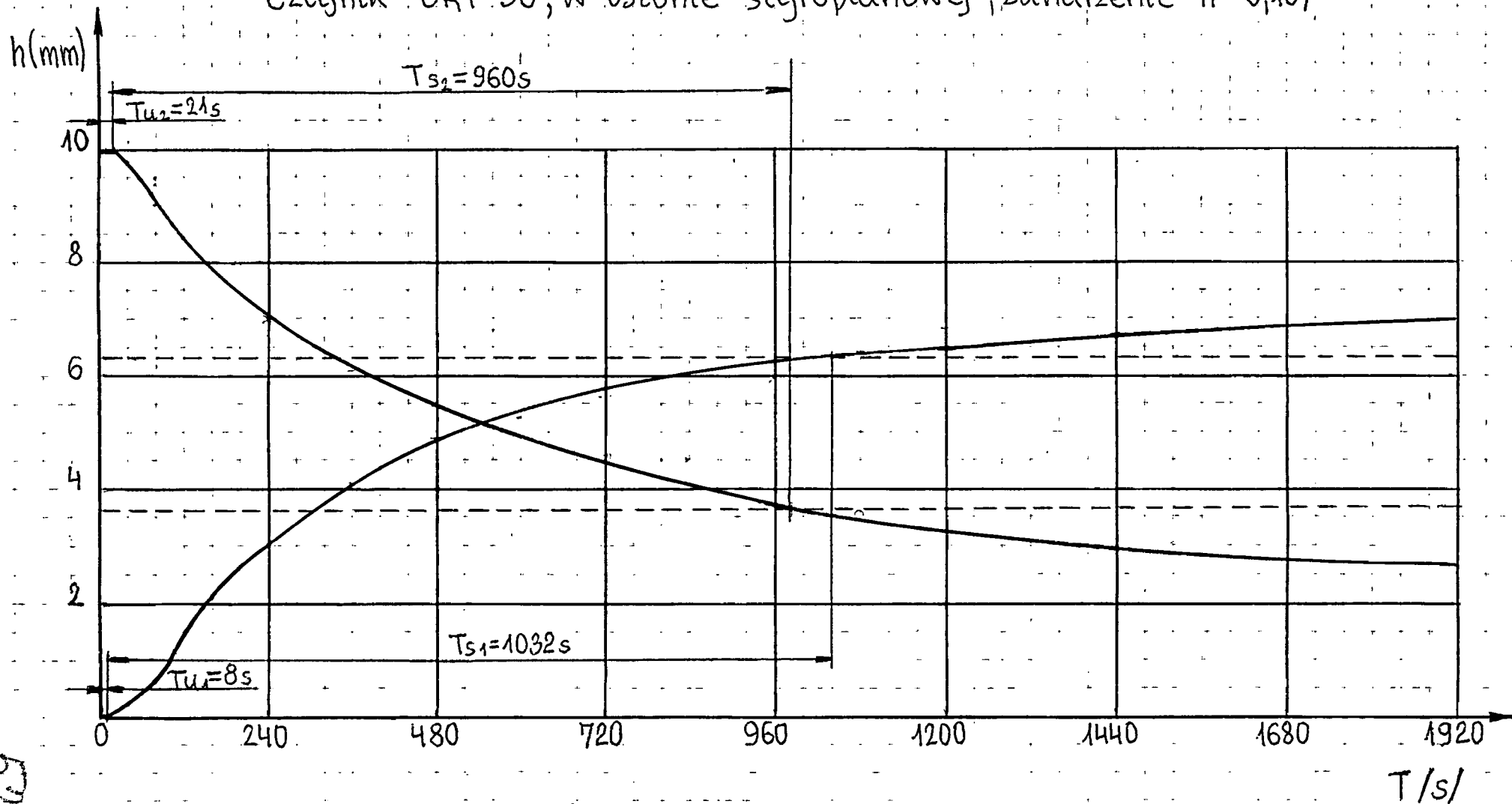


51

- 50 -

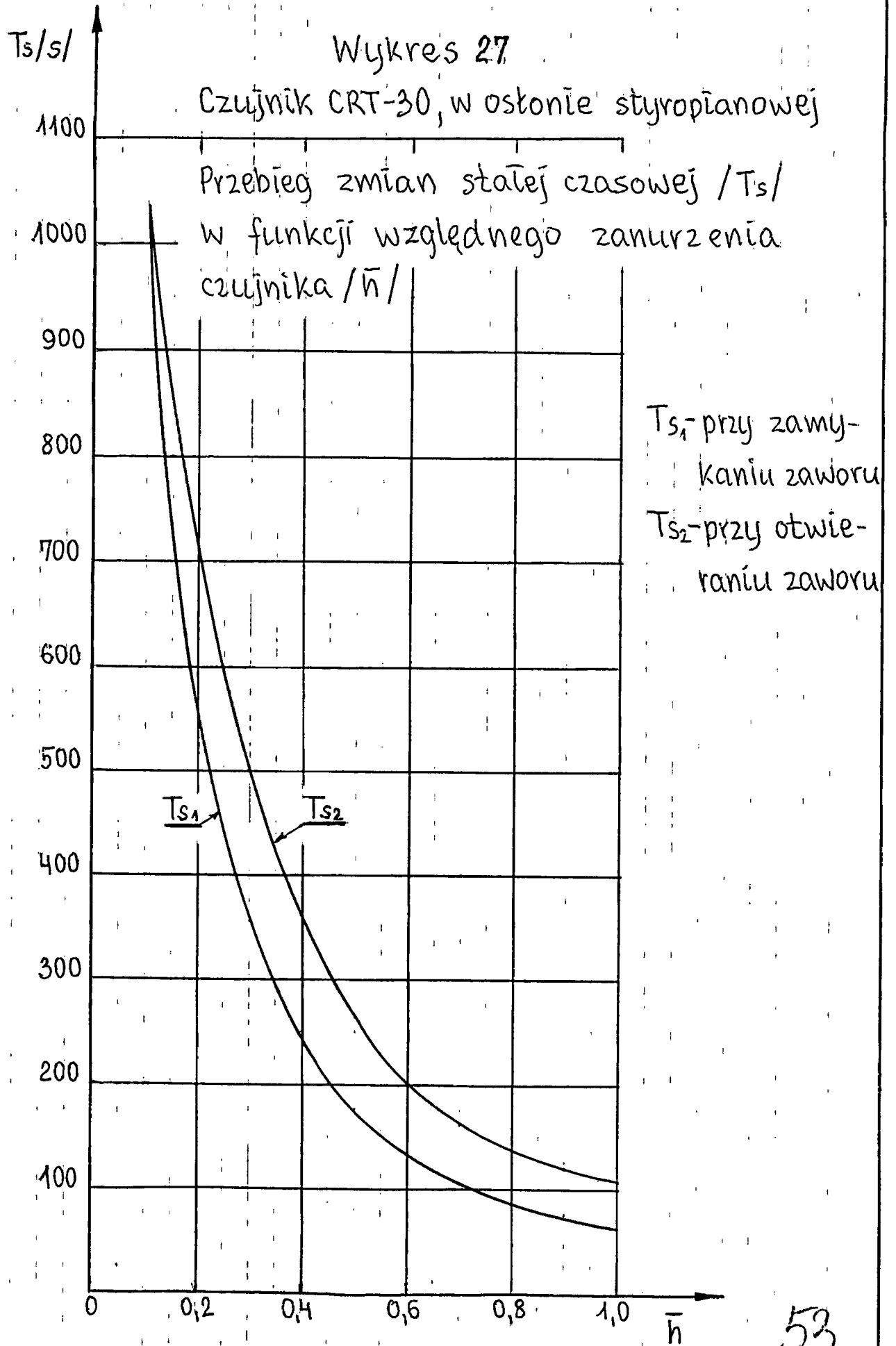
Wykres 26

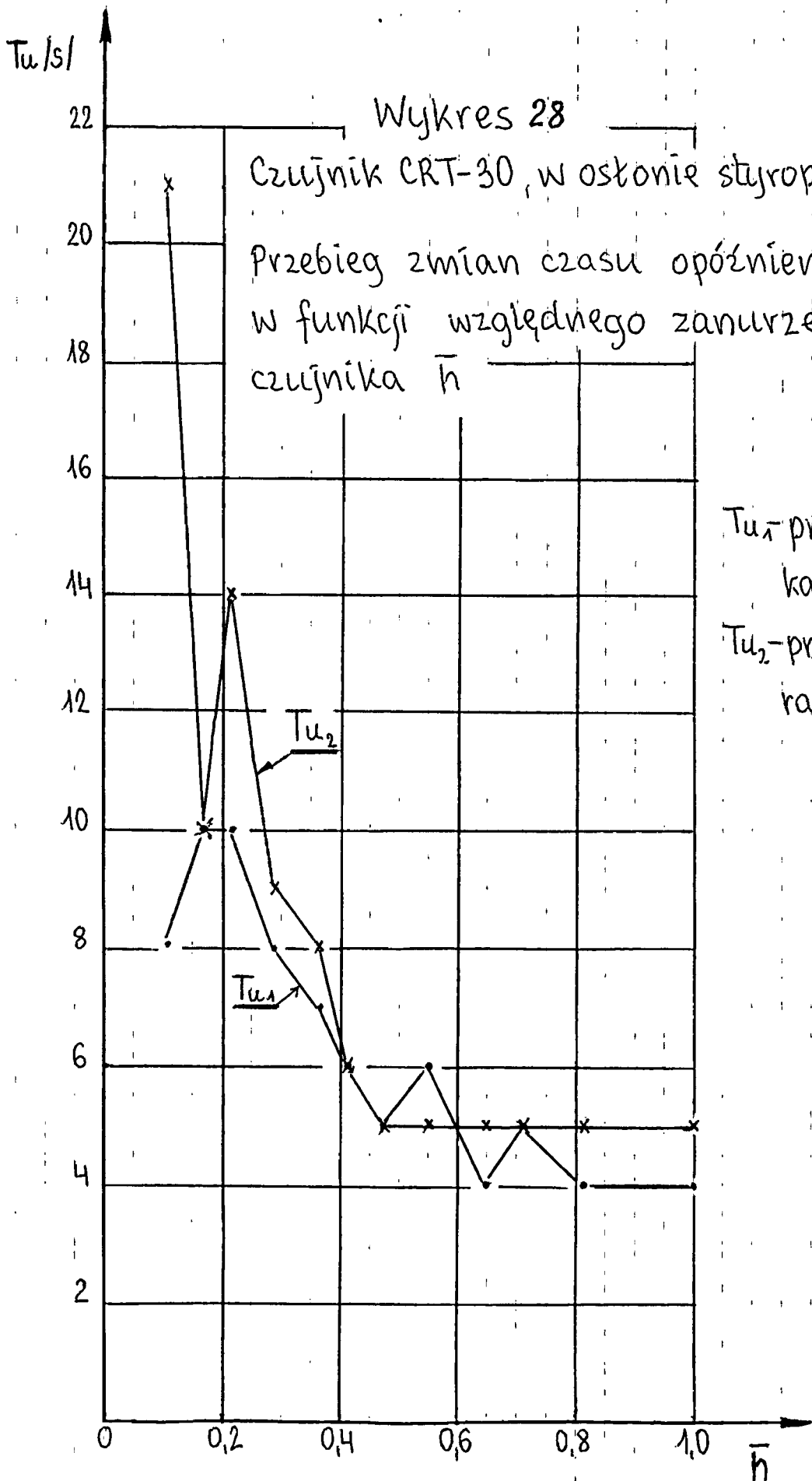
Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej, zanurzenie  $\bar{h} = 0,107$



57

-51-





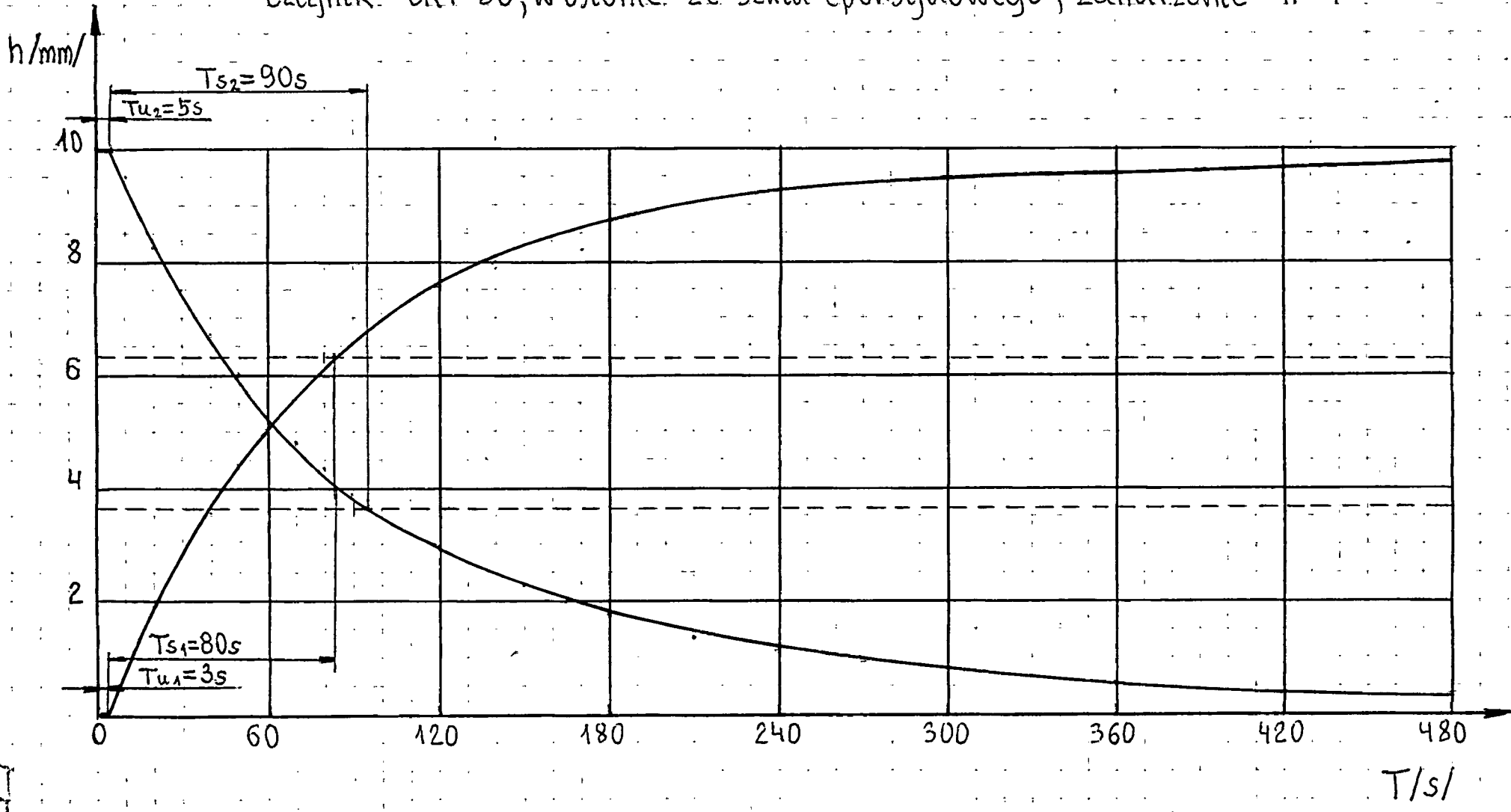
Wykres 28

Czujnik CRT-30, w osłonie styropianowej  
Przebieg zmian czasu opóźnienia  $T_u$   
w funkcji względnego zanurzenia  
czujnika  $\bar{h}$

$T_{u1}$  - przy zamknięciu zaworu  
 $T_{u2}$  - przy otwarciu zaworu

Wykres 29

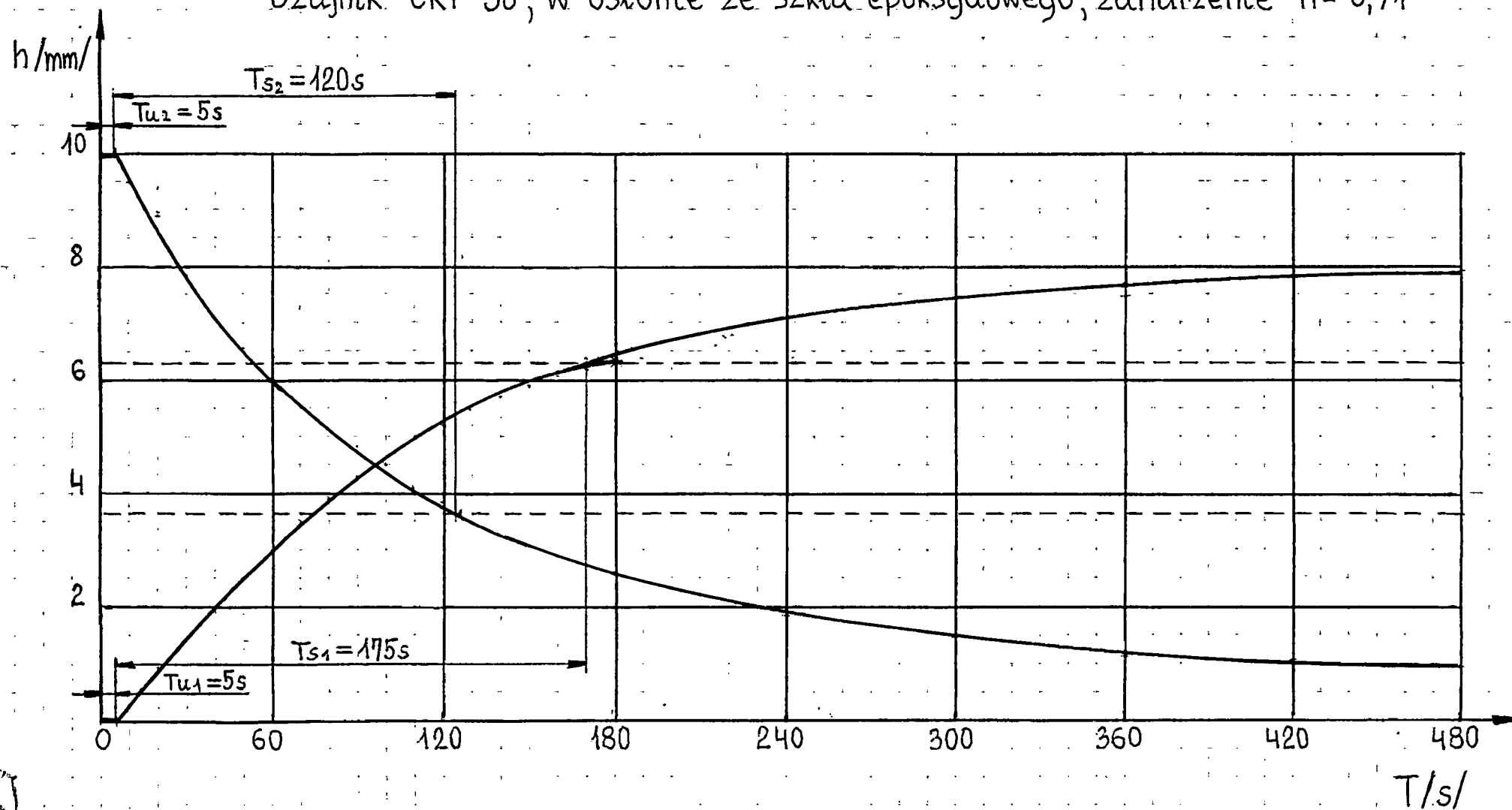
Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 1$



- 54 -

55

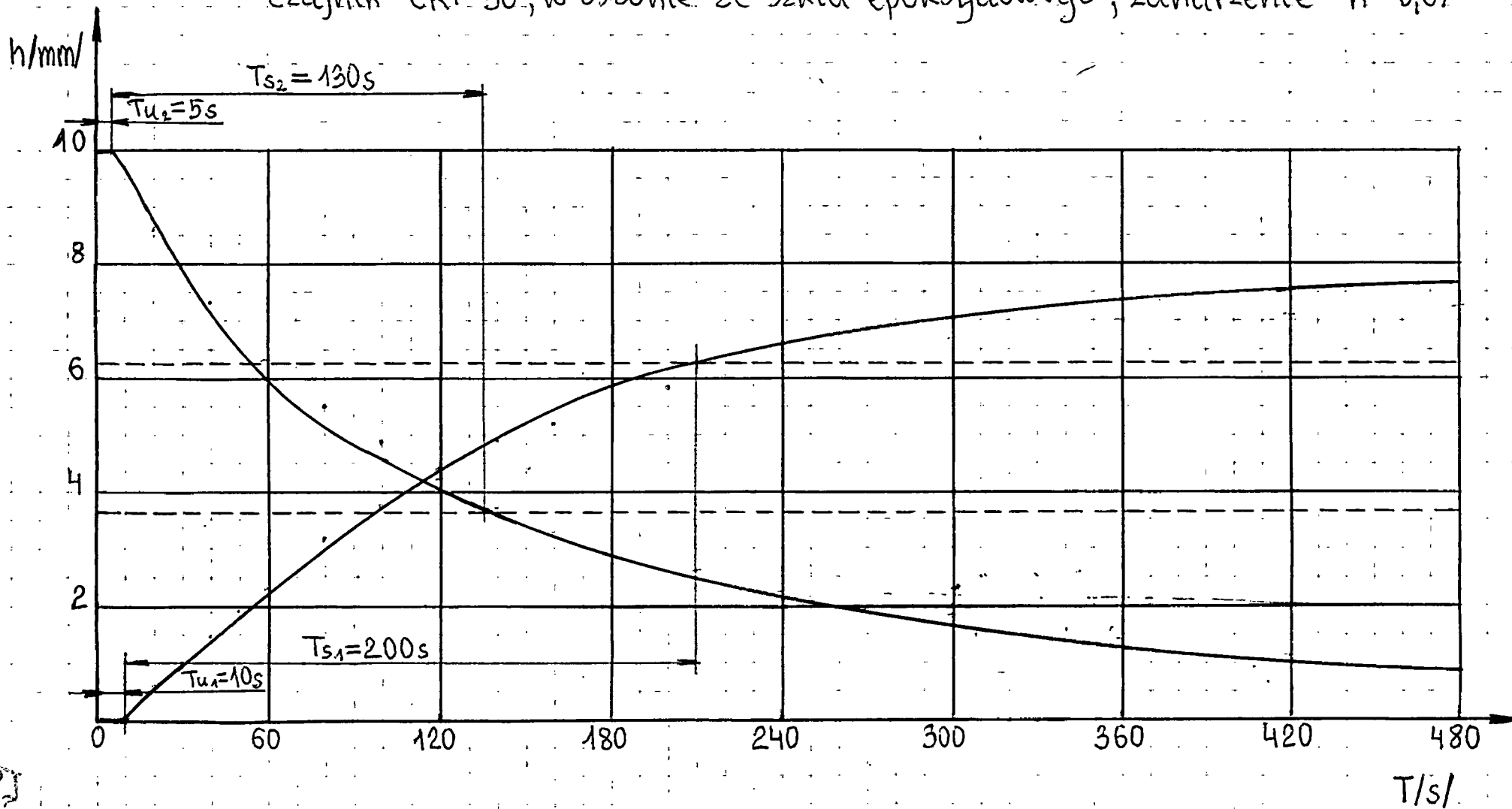
Wykres 30

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{n} = 0,71$ 



Wykres 31

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 0,67$

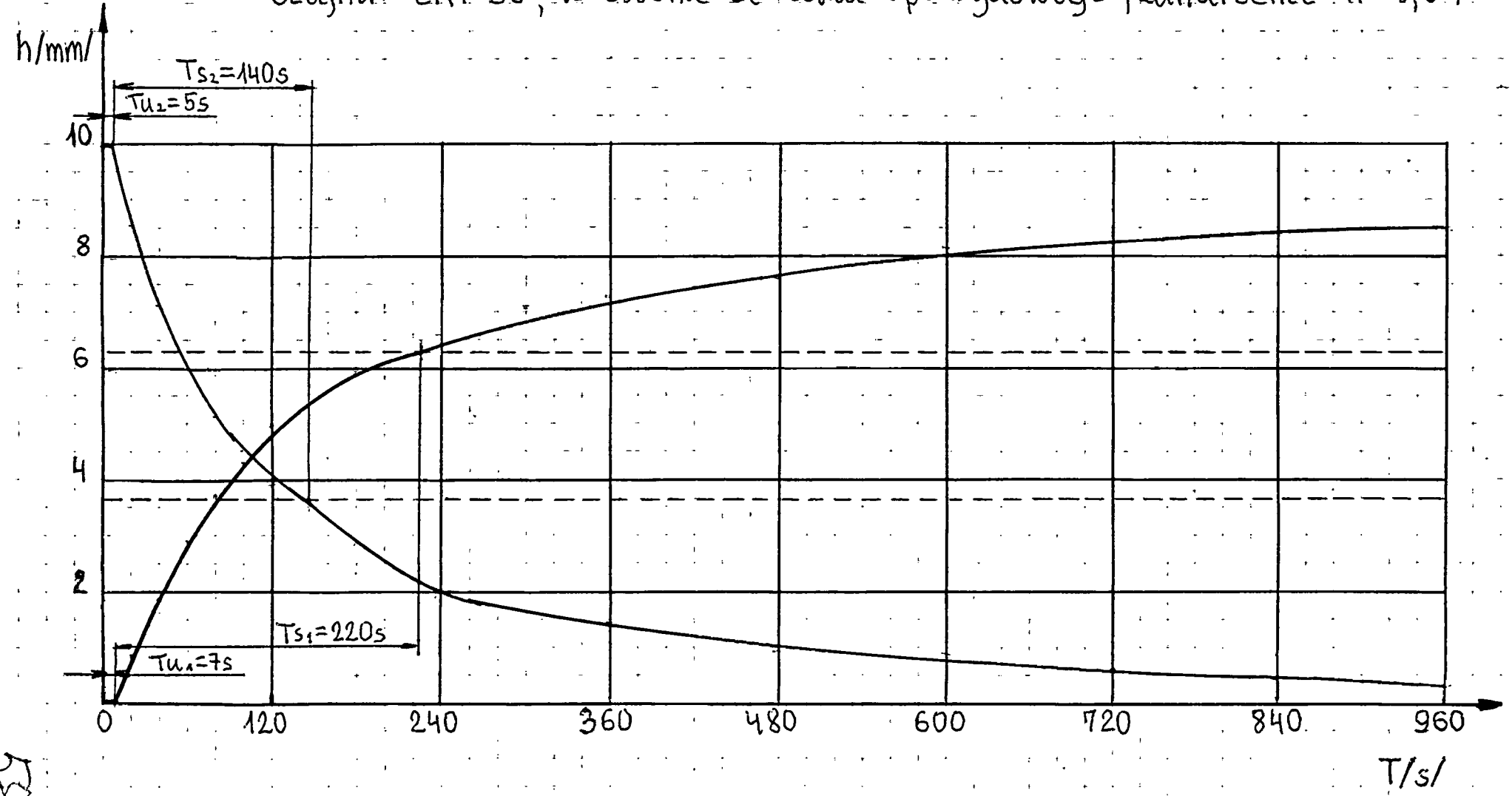


57

- 56 -

Wykres 32

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 0,637$ .

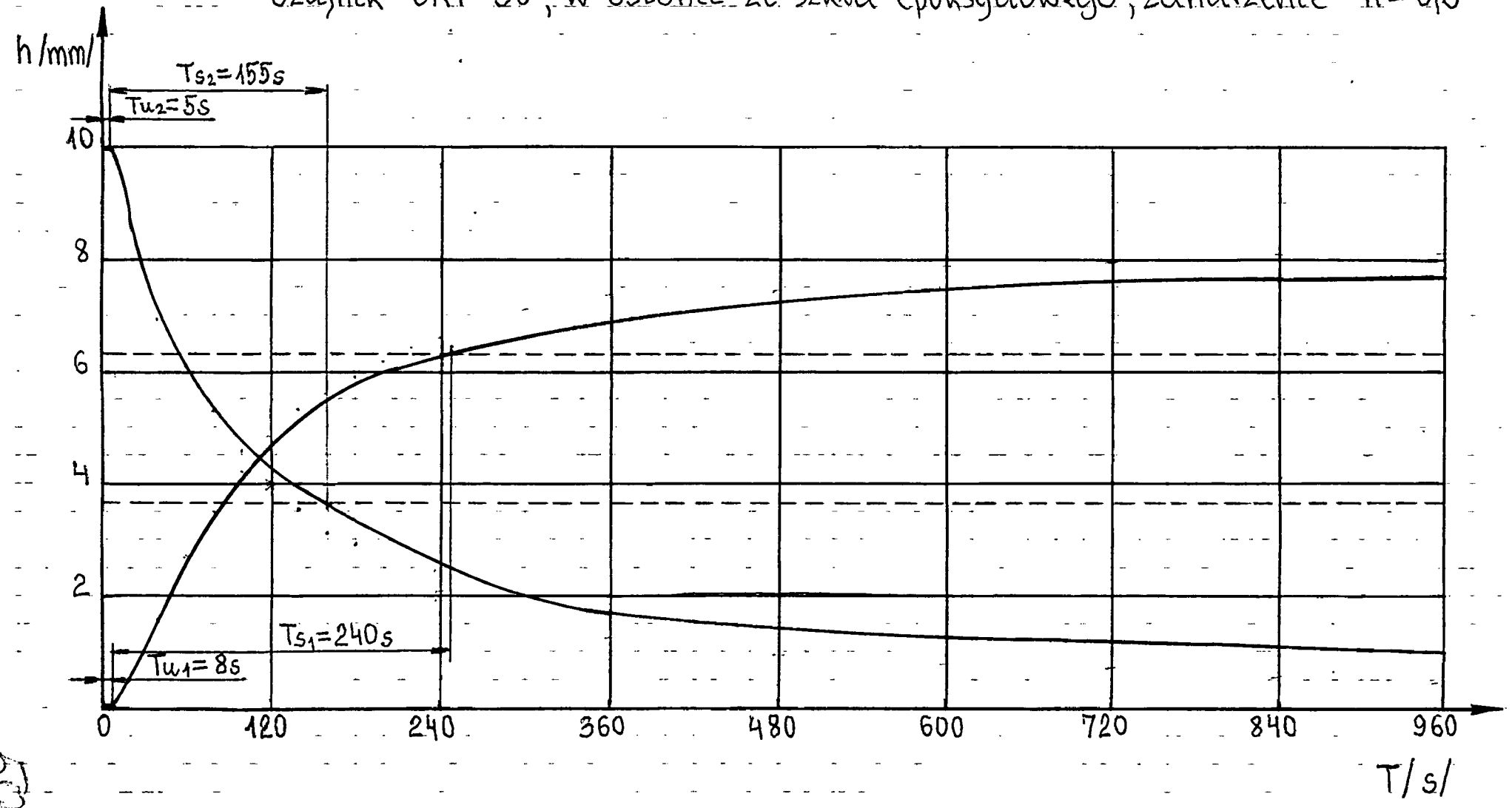


58

57

Wykres 33

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 0,6$

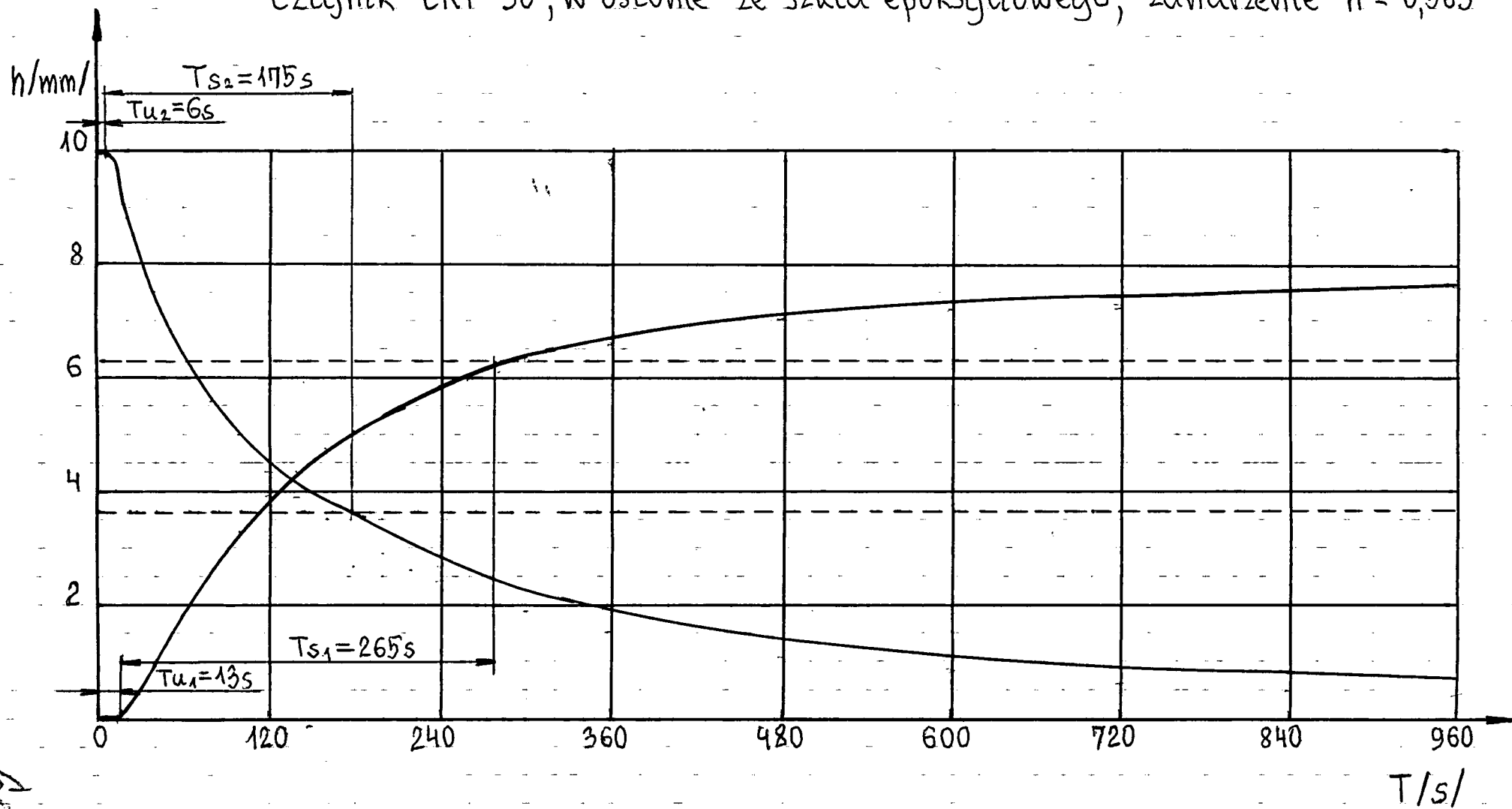


55

- 58 -

### Wykres 34

CZUJNIK CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 0,565$

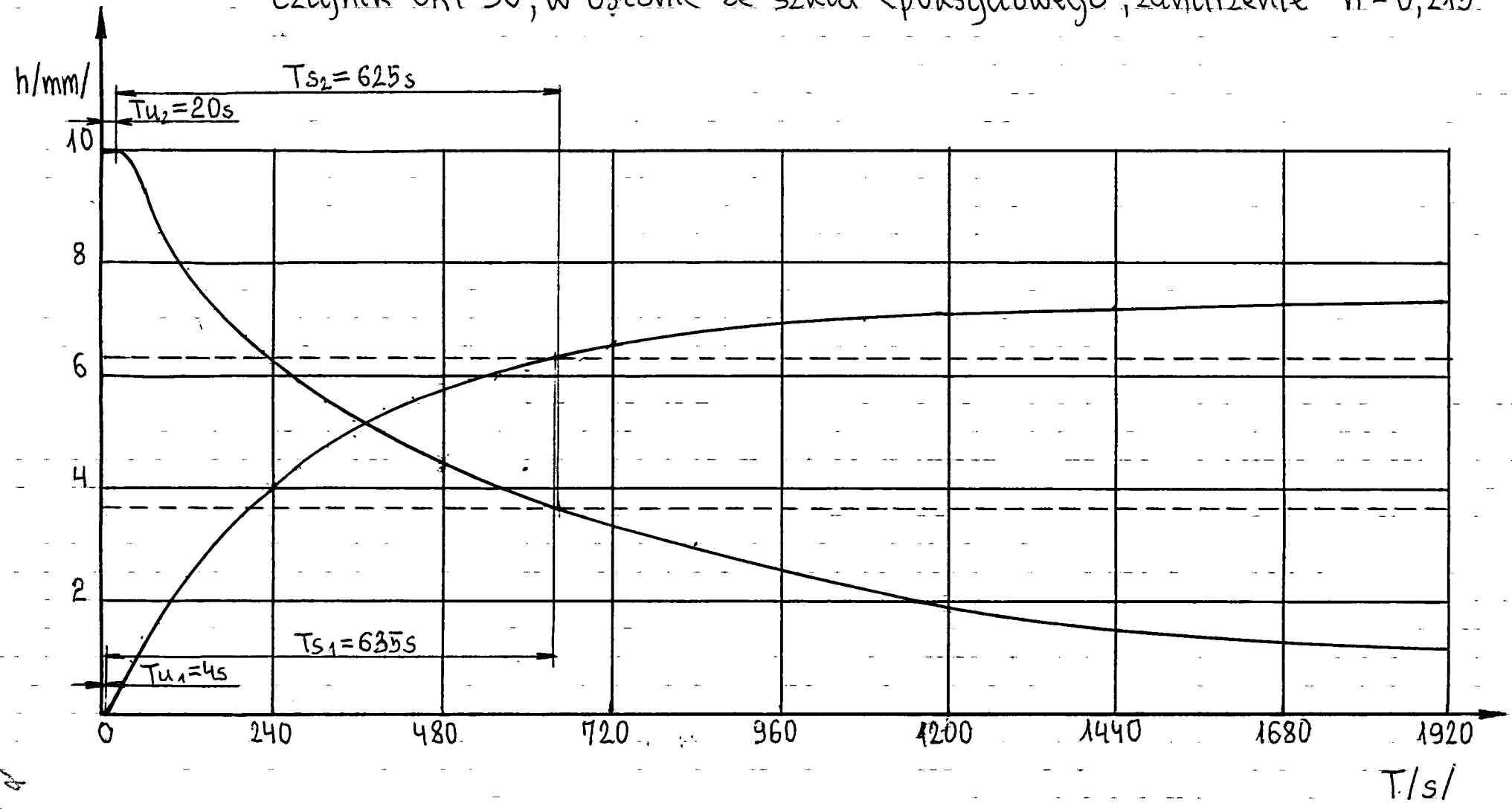


60

-59-

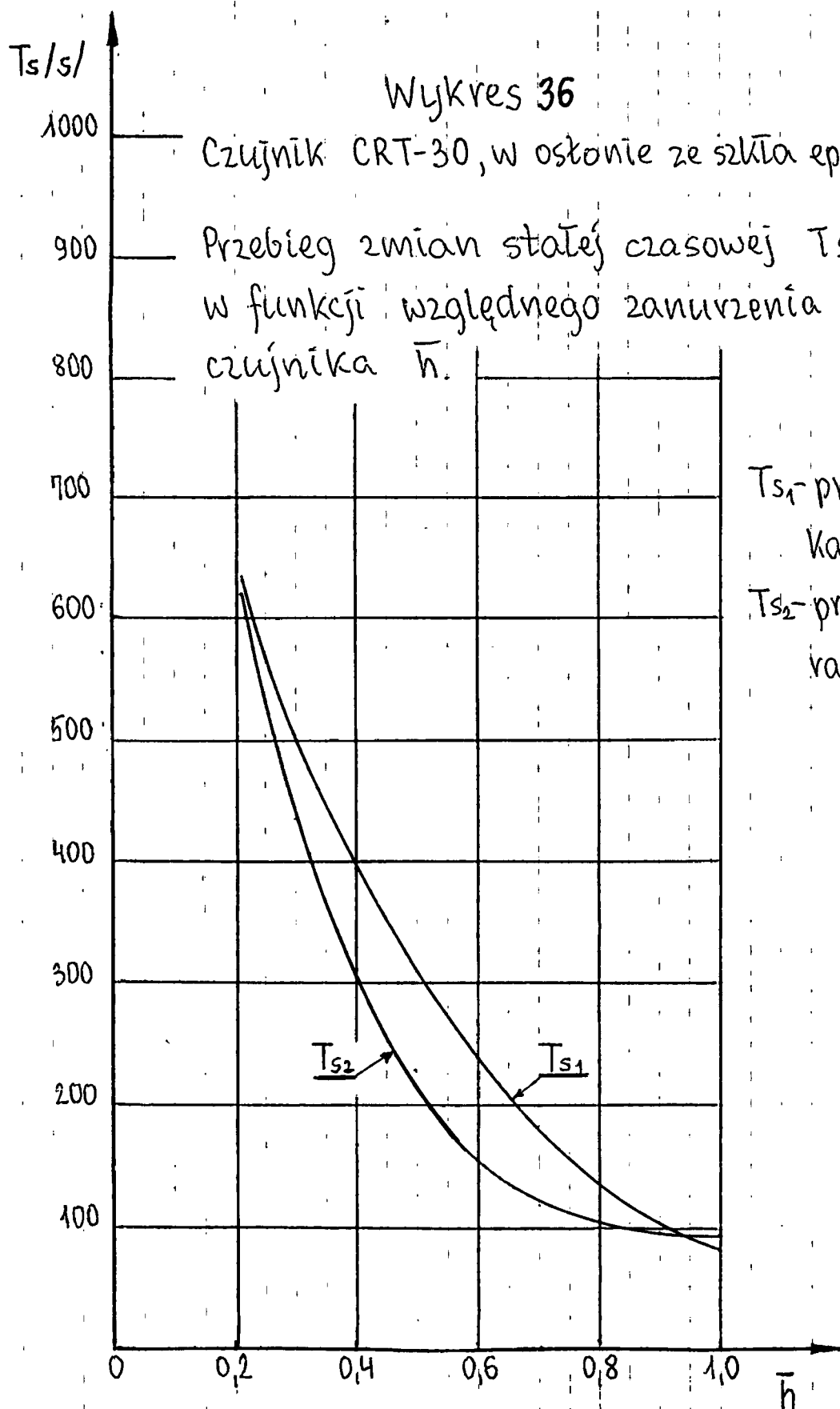
Wykres 35

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego, zanurzenie  $\bar{h} = 0,215$



101

-60-



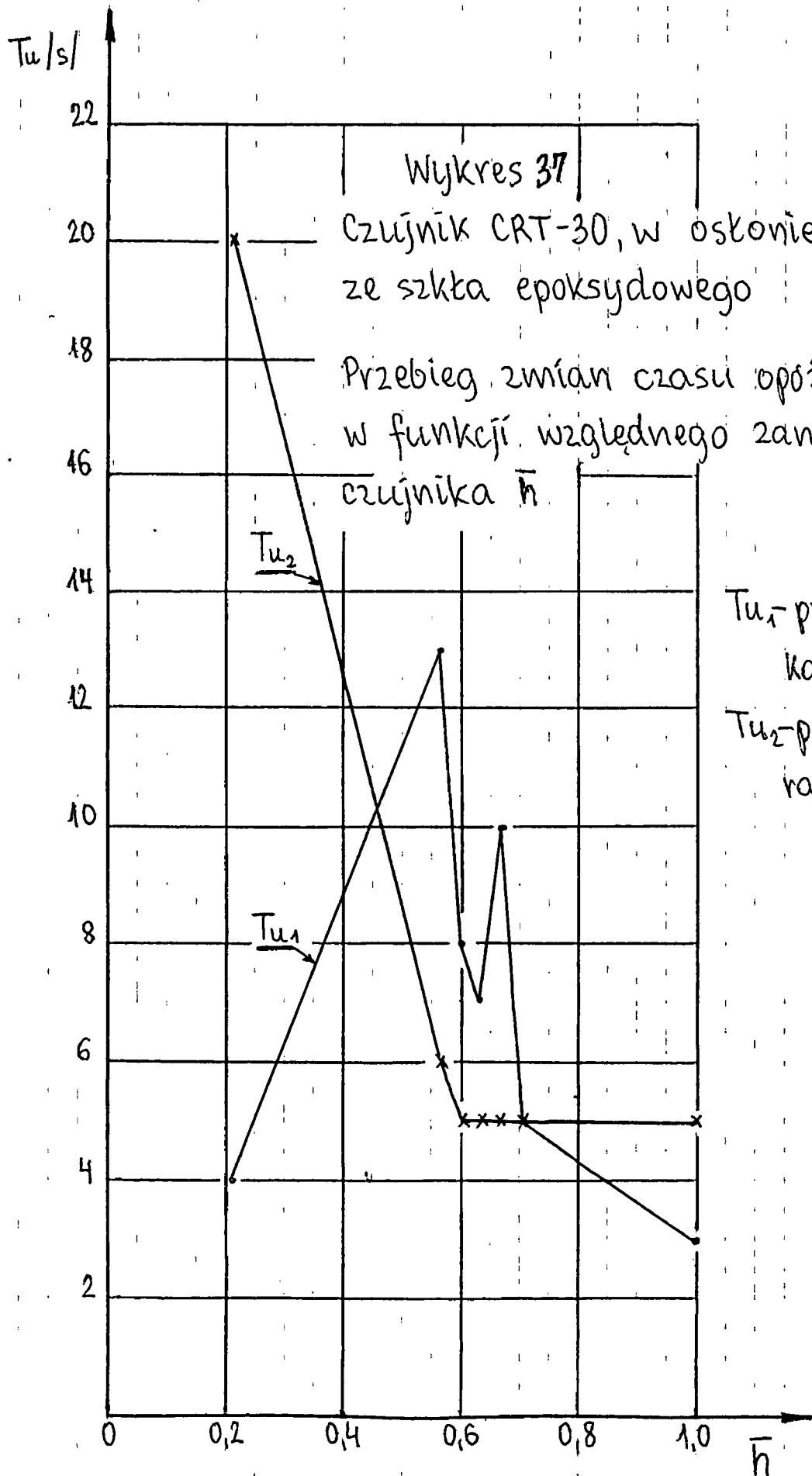
Wykres 36

Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego

Przebieg zmian stałej czasowej  $T_s/s$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$ .

$T_{s1}$  - przy zamknięciu zaworu

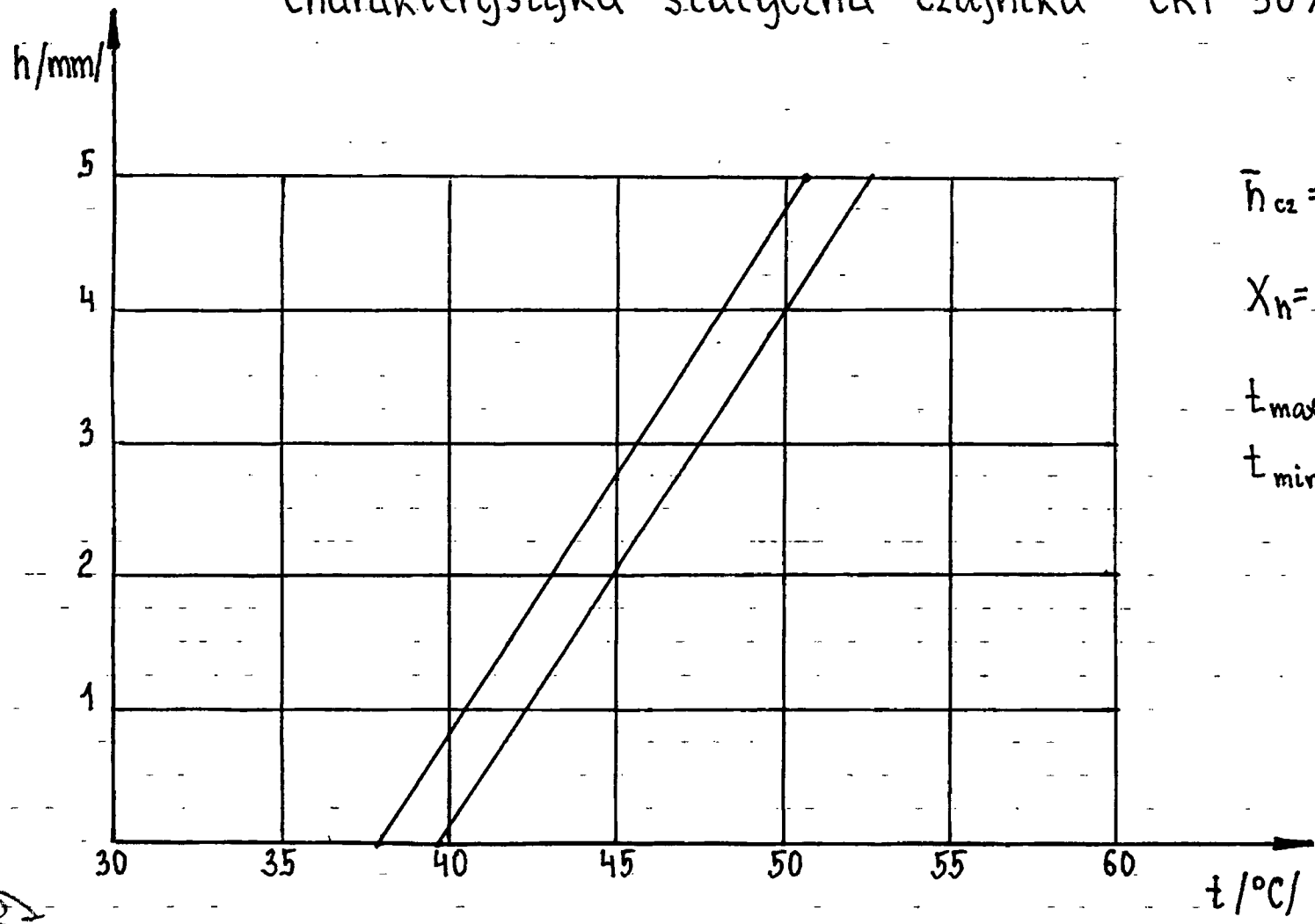
$T_{s2}$  - przy otwarciu zaworu



Wykres 37  
Czujnik CRT-30, w osłonie ze szkła epoksydowego  
Przebieg zmian czasu opóźnienia  $T_u$  w funkcji względnego zanurzenia czujnika  $\bar{h}$ .

$T_{u1}$  - przy zamknięciu zaworu  
 $T_{u2}$  - przy otwarciu zaworu

Wykres 38  
Charakterystyka statyczna czujnika CRT-30 A



$$\bar{n}_{cz} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = 0,38 \frac{\text{mm}}{\text{°C}}$$

$$X_n = 1,6 \div 2,0 \text{°C}$$

$$t_{max} = 52,6 \text{°C}$$

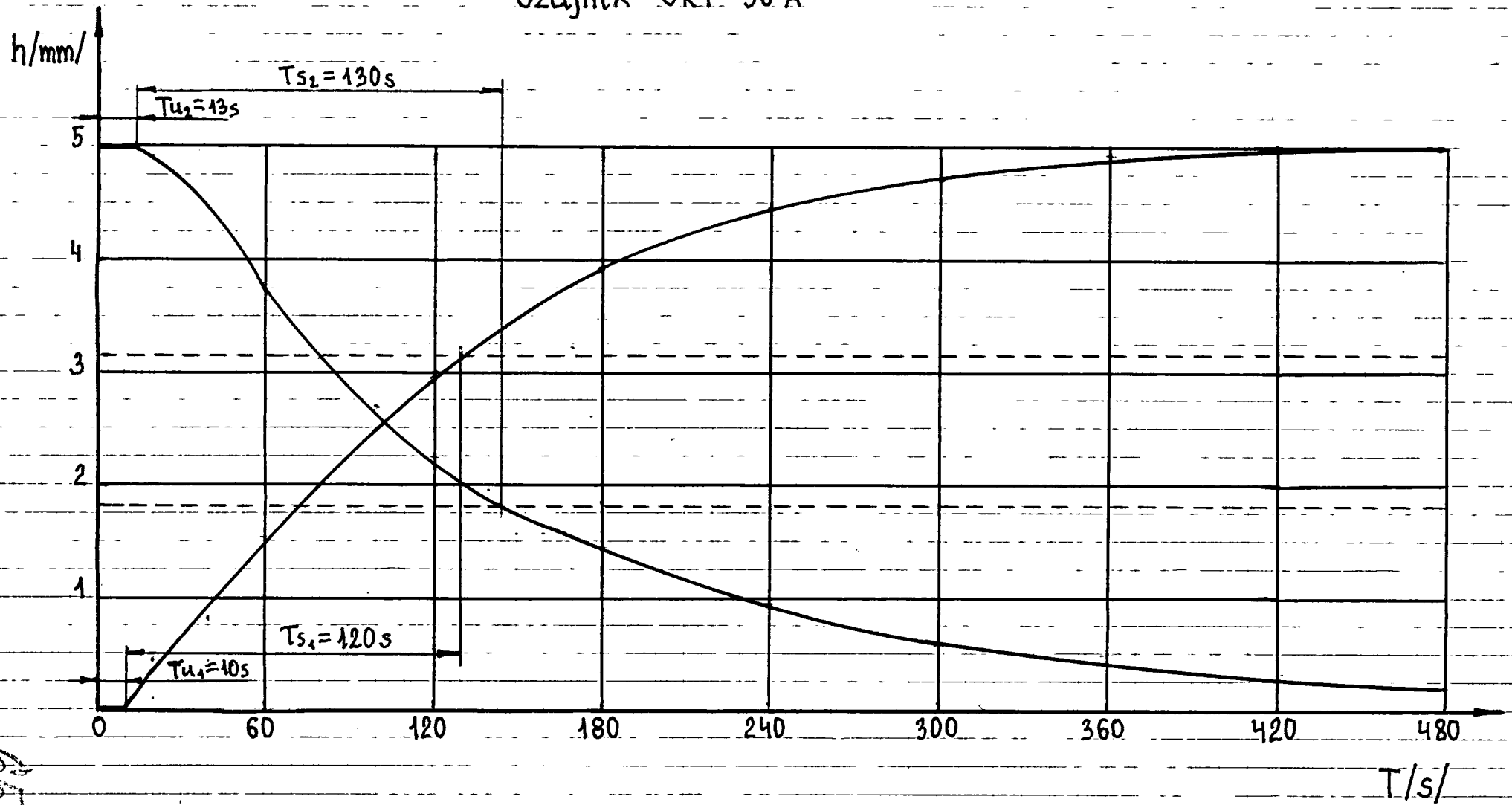
$$t_{min} = 37,8 \text{°C}$$

64

-63-



Wykres 39  
Czułnik CRT-30 A

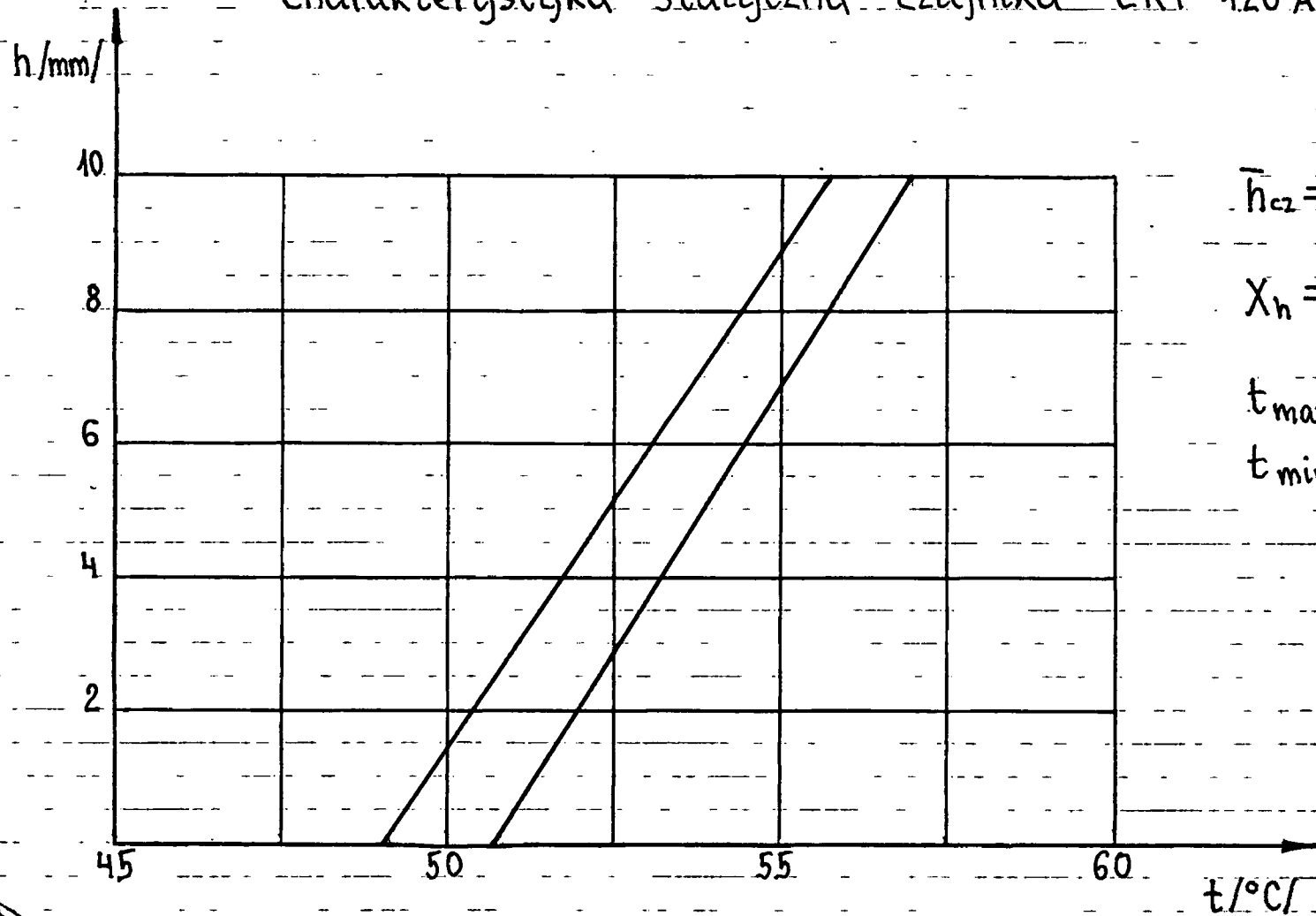


05

-64-

Wykres 40

Charakterystyka statyczna czujnika CRT-120 A



$$\bar{h}_{cz} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = 1,58 \frac{\text{mm}}{^{\circ}\text{C}}$$

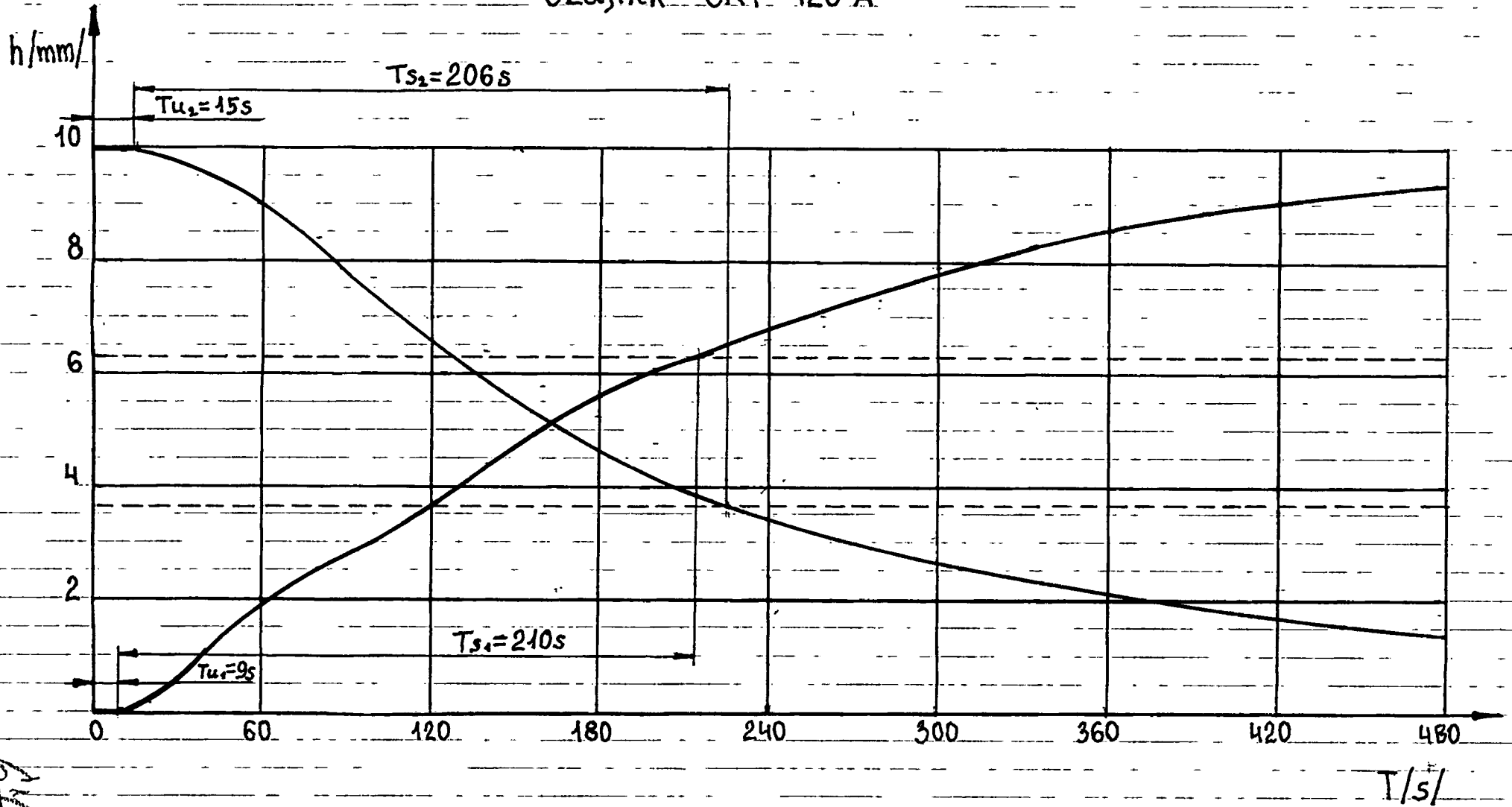
$$X_h = 1,3 \div 1,5^{\circ}\text{C}$$

$$t_{max} = 57,0^{\circ}\text{C}$$

$$t_{min} = 49,2^{\circ}\text{C}$$

60

Wykres 41  
Czujnik CRT-120 A



-66-

64