

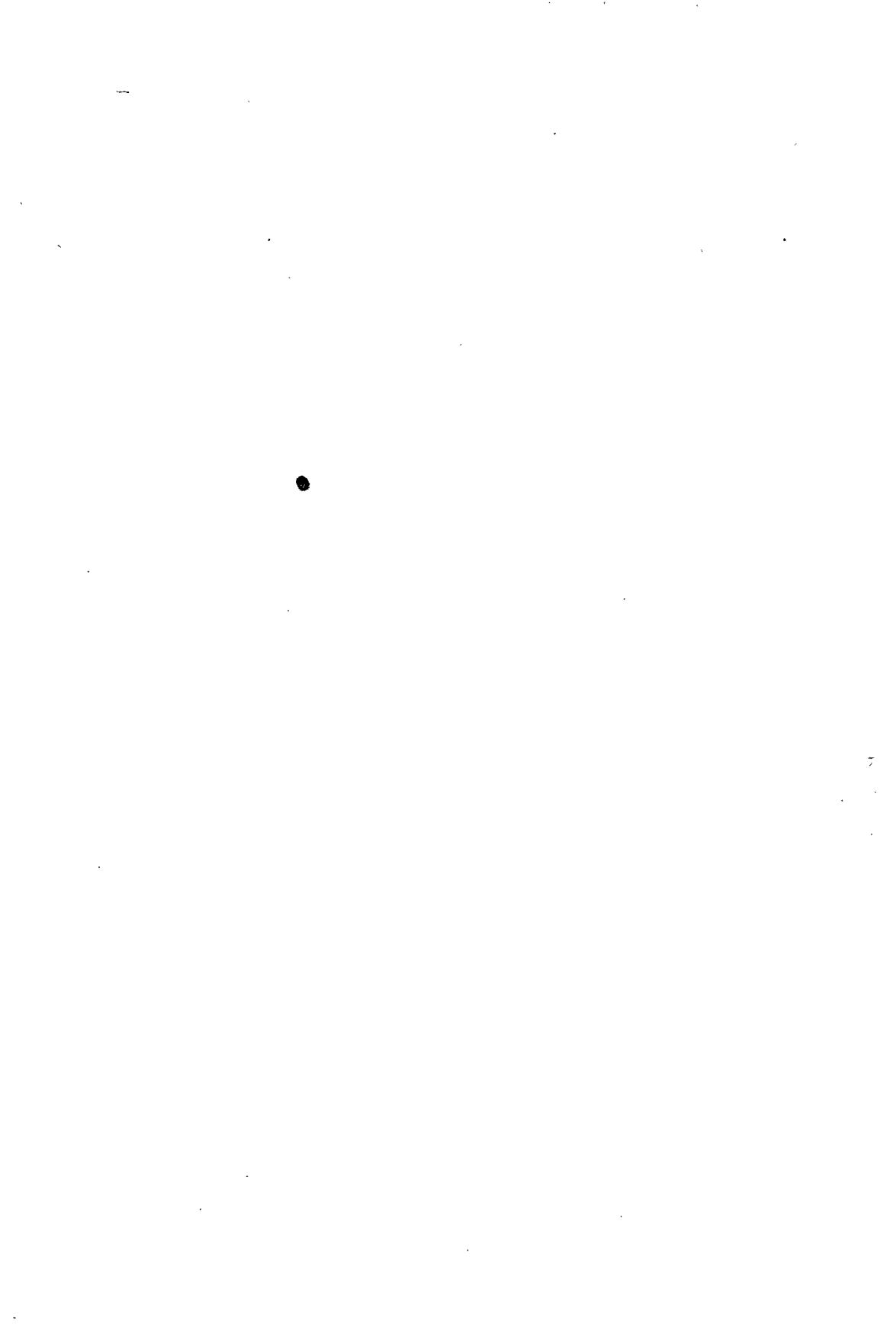
AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 119

BUDOWNICTWO 22



BYDGOSZCZ — 1985



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY



ZESZYTY NAUKOWE NR 119

BUDOWNICTWO 22
BEZKANALOWE SIECI CIEPLNE

BYDGOSZCZ — 1985

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
doc. dr hab. Juliusz Skonieczny

REDAKTOR NAUKOWY
doc. dr hab. inż. Jan Klugiewicz

OPRACOWANIE REDAKCYJNE i TECHNICZNE
mgr Anna Zawadzka, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6379

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY

Wyd. I. Nakład 100 + 50 egz. Ark. wyd. 4,2. Ark. druk. 4. Papier druk. kl. V, 71 g.
Oddano do druku w styczniu 1985 r. Druk ukończono w marcu 1985. Zam. nr 82/85.
MNSzWiT TR F-2. Cena zł 51,—
Prasowe Zakłady Graficzne RSW „Prasa—Książka—Ruch” w Bydgoszczy, ul. Dwor-
cowa 13.

S p i s t r e ś c i

	str.
Przedmowa	4
1. Piotr Dzieweczyński, Jan Klugiewicz : Przegląd konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych	5
2. Piotr Dzieweczyński, Jan Klugiewicz : Badania bezkanałowych sieci ciepłych w zakresie wodoszczelności i właściwości ciepłych	17
3. Adam Podhorecki : Badania bezkanałowych sieci ciepłych w zakresie cech wytrzymałościowych obudowy z tworzyw sztucznych	33
4. Piotr Dzieweczyński : Wpływ wybranych czynników na sprawność termiczną sieci ciepłych	45
5. Jan Klugiewicz, Piotr Dzieweczyński : Nowa konstrukcja bezkanałowych sieci ciepłych w obudowie z tworzyw sztucznych	55
6. Jan Klugiewicz : Formy do produkcji łupin nowej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowie z tworzyw sztucznych	61

PRZEDMOWA

Od wielu lat istnieją tendencje coraz większej centralizacji źródeł ciepła, a to powoduje wzrost przestrzennej rozbudowy sieci ciepłych rozprawiających do odbiorców energię za pośrednictwem czynników grzewczych /wody, pary/.

W systemach ciepłowniczych sieci ciepłe decydują o kosztach inwestycyjnych oraz zużyciu materiałów i tempie realizacji robót. Tak więc poszukiwania możliwości poprawy wskaźników w tym zakresie można uznać za uzasadnione.

W kraju dotychczas najpowszechniejsze zastosowanie mają sieci ciepłe prowadzone w kanałach żelbetowych zagłębionych w gruncie. Ten sposób prowadzenia sieci ciepłych posiada liczne mankamenty, spośród których wymienia się tu niektóre. Wymagają sporo miejsca, robót ziemnych i zużycia materiałów budowlanych. Są one ciężkie, co powoduje duży udział w kosztach pracy sprzętu. Ograniczona jest możliwość zwiększenia stopnia prefabrykacji. Ponadto te konstrukcje w praktyce słabo zabezpieczają przed infiltracją wody i zawilgoceniem izolacji termicznej.

Za granicą metody bezkanałowego prowadzenia sieci ciepłych w gruncie są już znacznie upowszechnione. Ostatnio także w kraju zarysowują się tendencje opracowywania różnych konstrukcji.

W niniejszej pracy zaprezentowano przegląd wybranych konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowach opracowanych za granicą i w kraju. Być może pobudzi to myśl wynalazczą w tym zakresie oraz powstaną lepsze rozwiązania dostosowane do naszych warunków i możliwości wdrażania innowacji.

W pracy sporo miejsca poświęcono nowym konstrukcjom opracowanym w ostatnich latach w Bydgoszczy. Dla trzech konstrukcji podane zostały wyniki z badań przeprowadzonych w Zakładzie Inżynierii Sanitarnej Wydziału Budownictwa Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy dotyczące wod szczelności, właściwości ciepłych i wytrzymałościowych. Ponadto dokonano analizy wpływu wybranych czynników na sprawność przesyłu ciepła. W ostatnich dwóch artykułach zaprezentowano nową konstrukcję bezkanałowych sieci ciepłych w specjalnych łupinach oraz formy do produkcji tych łupin.

Doc. dr hab. inż. Jan Klugiewicz

Piotr Dzieweczyński
Jan Klugiewicz

PRZEGLĄD KONSTRUKCJI BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH

Przedstawiono 13 konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych układanych w gruncie, z których 10 stanowi rozwiązania zagraniczne i 3 krajowe. Konstrukcje te mają obudowy: metalowe, azbestowo-cementowe, bitumiczne zbrojone włóknem szklanym i z tworzyw sztucznych o przekroju zamkniętym oraz dwudzielnym.

1. WSTĘP

Centralizacja źródeł ciepła wpływa na przestrzenną rozbudowę systemów urządzeń /nazywanych sieciami ciepłymi/ do przesyłania energii za pośrednictwem czynników grzewczych /wody lub pary/. Sposoby prowadzenia sieci ciepłych sklasyfikowano następująco:

- a/ nad powierzchnią terenu:
 - na podporach niskich
 - na podporach wysokich /estakady/
- b/ w gruncie:
 - w kanałach
 - bezkanałowe

Przy wyborze sposobu /a, b/ istotny wpływ wywierają: ukształtowanie i zagospodarowanie terenu oraz warunki hydrogeologiczne. Pomocna jest w tym analiza techniczno-ekonomiczna różnych rozwiązań dotyczących sposobów prowadzenia sieci ciepłych oraz ich konstrukcji. Od konstrukcji wymaga się, aby gwarantowała należyte zabezpieczenia rur przed korozją, a izolacji termicznej przed zawilgoceniem i obciążeniem.

Sieci prowadzone w gruncie mogą posiadać konstrukcje kanałowe i bezkanałowe. W pierwszym przypadku elementem charakterystycznym jest kanał /z żelbetu, azbestocementu lub profilowanej blachy stalowej/ chroniący izolację termiczną przed obciążeniem i zawilgoceniem. W drugim przypadku sieci ciepłe układane w gruncie nie posiadają kanału i mogą stanowić konstrukcje: monolityczne, w izolacjach proszkowych i w obudowach.

Celem artykułu jest zaprezentowanie kilkunastu konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowach, które wskazują na tendencje rozwojowe, zwłaszcza w odniesieniu do konstrukcji zagranicznych [1, 2].

2. KONSTRUKCJE BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH W OBUDOWACH STOSOWANE ZA GRANICĄ

Podstawową przesłanką stosowania bezkanałowych sieci ciepłych były możliwości zwiększenia stopnia prefabrykacji. Prefabrykowane odcinki zazwyczaj są dostosowane do handlowych długości rur. Prace nad prefabrykacją odcinków można przenieść do wytwórni, gdzie produkuje się szybciej i lepiej, niezależnie od warunków atmosferycznych. Stosunkowo mały ciężar odcinka obniża koszty transportowe. Na budowie zmniejsza się kubaturę i szerokość wykopów oraz ułatwia i przyspiesza montaż. Obudowy wykonane są z różnych materiałów - jako konstrukcje w kształcie rur osłonowych, które chronią izolację termiczną przed zawilgoceniem i komprymacją, natomiast elementy stalowe przed korozją, w tym także prądami błędzącymi. Podczas montażu na budowie końcówki odcinków przewodu wystające z obudowy są łączone spawaniem. Po tym wykonuje się zabezpieczenie antykorozyjne, izolację termiczną oraz zewnętrzną osłonę w postaci nasuwek, nakładek uszczelnianych pierścieniami gumowymi lub sklejeniem, zgrzewaniem itp.

2.1. Konstrukcje w obudowach z rur azbestowo-cementowych

Na rysunku 1 przedstawiono schemat konstrukcji sieci w miejscu połączenia dwóch odcinków prefabrykowanych.

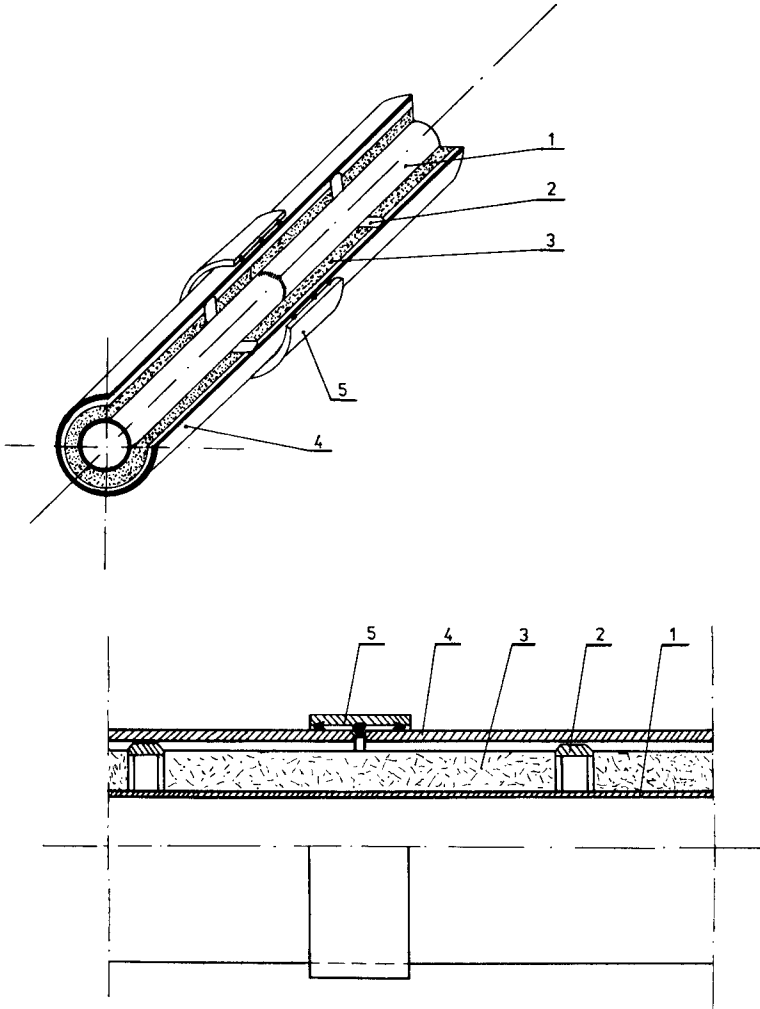
Zabezpieczony antykorozyjnie stalowy przewód /1/ posiada centrujące pierścienie /2/, a między nimi cylindryczną warstwę termicznie izolującego materiału /3/ i azbestowo-cementową rurę /4/. Przewód z materiałem izolacyjnym jest wsuwany do rury azbestowo-cementowej po pierścieniach centrujących i stanowi prefabrykowany odcinek. Miejsca połączenia dwóch sąsiednich odcinków na budowie zabezpiecza się nasuwkami /5/.

2.2. Konstrukcje w obudowie z rur metalowych

Wspólną cechą tych konstrukcji jest stosowanie obudowy metalowej chroniącej od zewnętrznych obciążeń i wpływu środowiska gruntowo-wodnego. Trwałość konstrukcji limituje zastosowany materiał i staranność wykonania jej elementów.

2.2.1. Według metody "Perma - Pipe"

Konstrukcja /rys.2/ stanowi stalowy przewód /1/ otoczony warstwą z krzemianu wapnia /2/ ułożoną między dystansującymi obejmami /3/. Owinięto ją falistą blachą /4/, a następnie wsunięto w zewnętrzną rurę /5/ z blachy stalowej zwijanej spiralnie, której zewnętrzna powierzchnia pokryta jest warstwami bitumów, wełny szklanej, azbestu impregnowanego, nazywanymi "skórą słoniową" /6/ zabezpieczającą przed czynnikami powodującymi korozje.



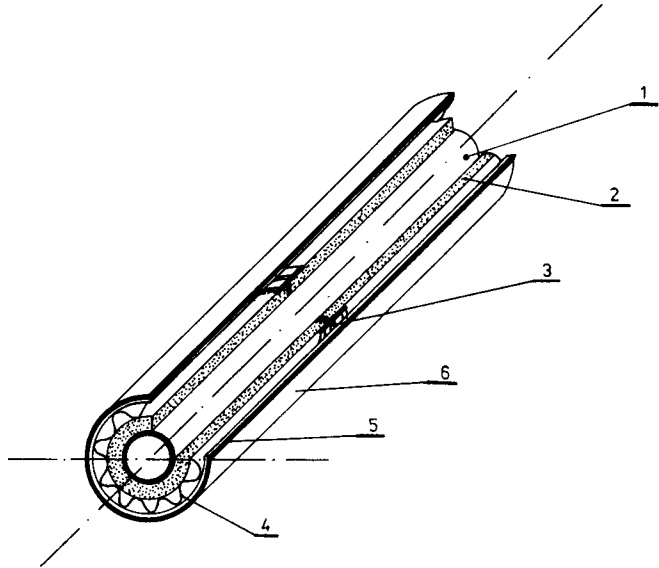
Rys.1. Konstrukcja w obudowie z rur azbestowo-cementowych

2.2.2. Według metody "Tubensol"

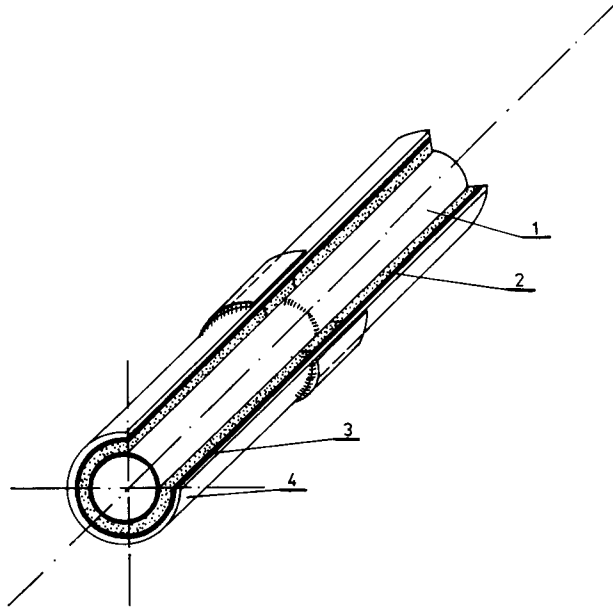
Konstrukcja /rys.3/ składa się ze stalowego przewodu /1/ powleczonego powłoką antykorozyjną, a następnie warstwą izolacji termicznej /2/ i powłoką asfaltową /3/. Obudowę zewnętrzną stanowi rura stalowa /4/, która w miejscu połączenia prefabrykowanych odcinków przewodów jest zabezpieczona nakładką cylindryczną przyspawaną do rury.

2.3. Konstrukcje w obudowie z tworzyw sztucznych

W rozwiązaniach konstrukcyjnych sieci ciepłnych, w zewnętrznych osłonach z tworzyw sztucznych, zastosowano pianki poliuretanowe, które spełniają funkcję materiału izolującego termicznie. Posiada ona korzystne



Rys.2. Konstrukcja wg metody "Perma - Pipe"



Rys.3. Konstrukcja wg metody "Tubensol"

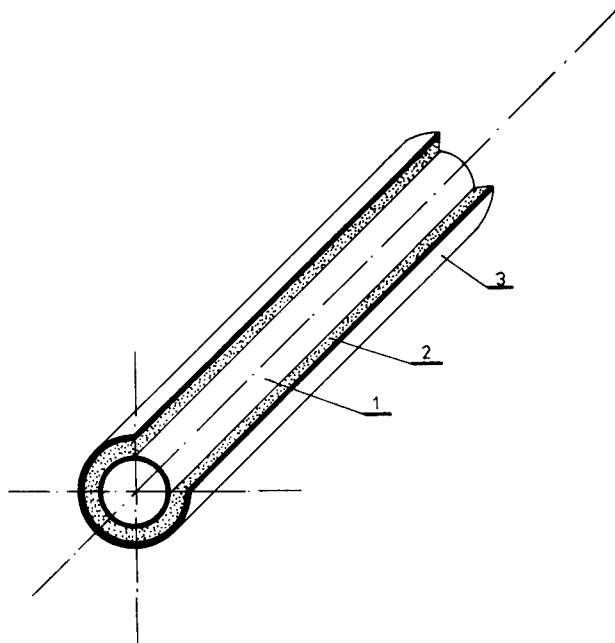
właściwości cieplne / $\lambda = 0,21 - 0,45 \frac{W}{m \cdot K}$ / , dobrą wytrzymałość i często charakteryzuje się nienasiąkliwością oraz odpornością na temperaturę. Takie właściwości pianki decydują o dużej jej przydatności do izolacji termicznych.

Klasyczna konstrukcja sieci ciepłych tego typu składa się ze stalowego przewodu /1/ otoczonego warstwą pianki poliuretanowej /2/ i osłony zewnętrznej w postaci rury z tworzywa sztucznego /3/. Jest ona stosowana w metodach:

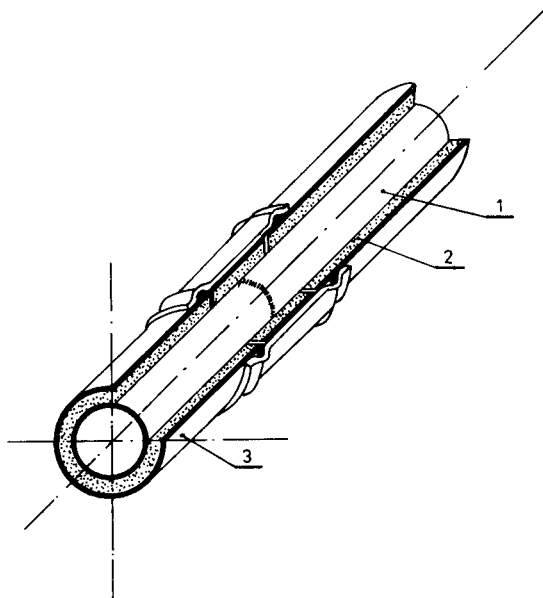
- Kelit /rys.4/
- Log-Stor /rys.5/
- Pan-Isovit /rys.6/
- Wann-Sotube /rys.7/

Konstrukcja według metody "Flexkabel" /rys.8/ zbliżona jest do "Perma-Pipe". Stalowy przewód /1/ otoczony został warstwą pianki poliuretanowej /2/, na której znajduje się falista rura /3/, a obudowę stanowi osłona z tworzywa sztucznego /4/ chroniąca przed wilgocią.

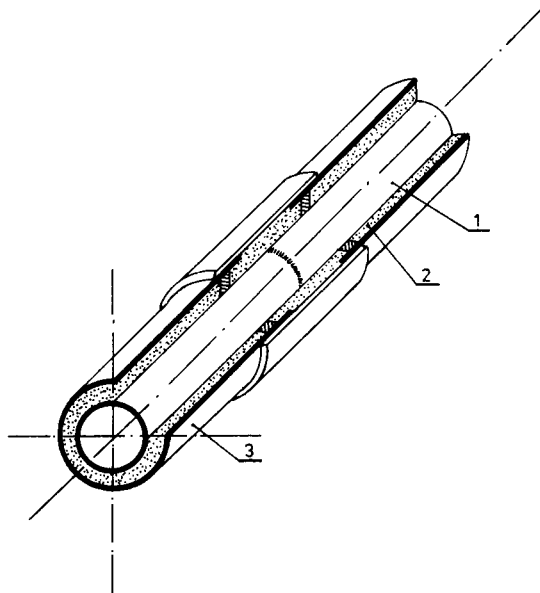
Odmienna jest konstrukcja według metody "Fiskars" /rys.9/, bowiem składa się z dwóch stalowych przewodów /1/ ułożonych w rurach /2/ ze szklanego włókna utwardzonego żywicami, które otoczone są izolacją termiczną z twardej pianki poliuretanowej /3/, a wewnątrz niej u dołu znajduje się drenaż /4/ z rury polipropylenowej. Całość otoczona jest owalnym płaszczem /5/ z polietylenu.



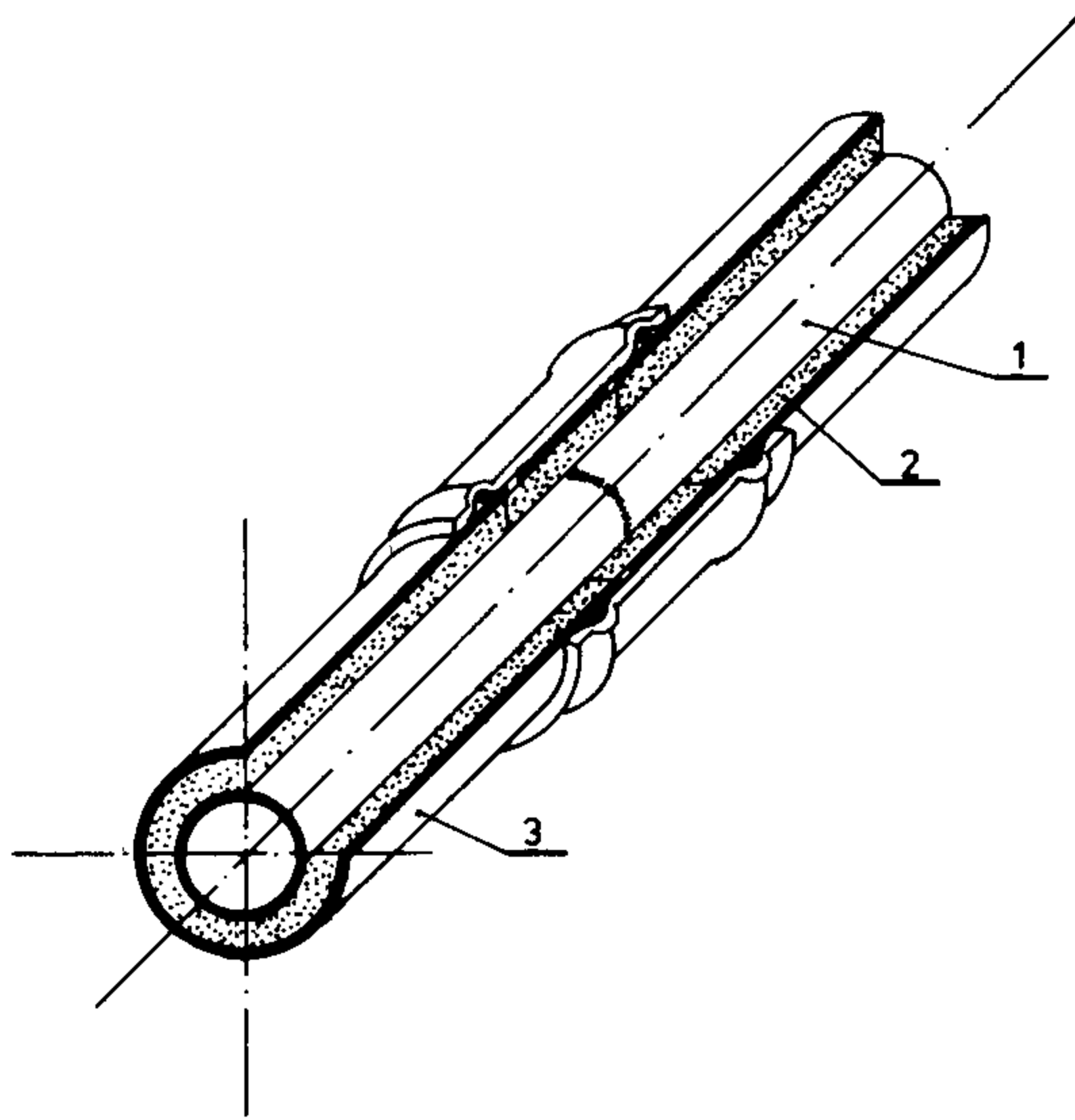
Rys.4. Konstrukcja wg metody "Kelit"



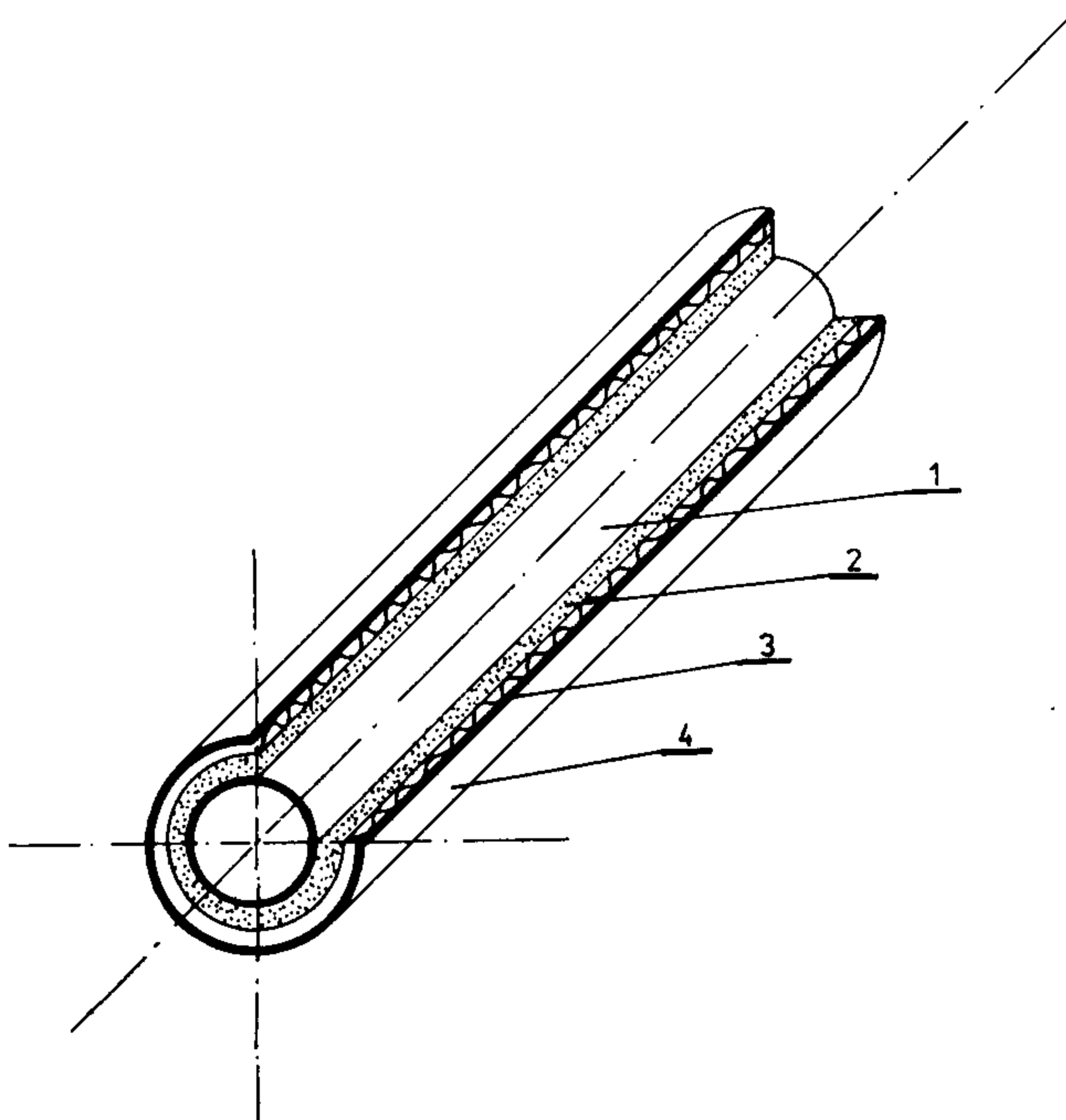
Rys.5. Konstrukcja wg metody "Log - Stor"



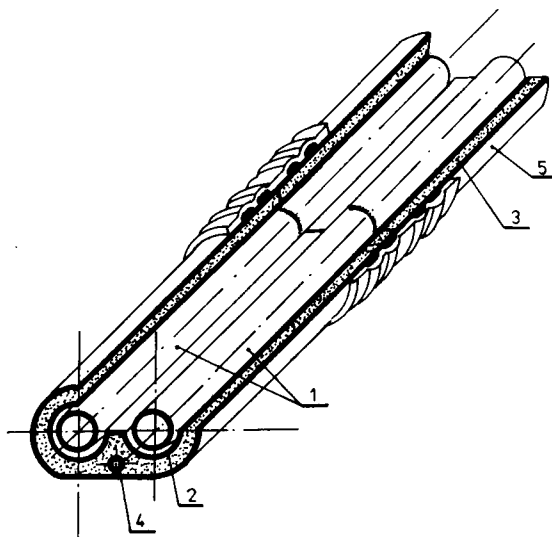
Rys.6. Konstrukcja wg metody "Pan - Isovit"



Rys.7. Konstrukcja wg metody "Wanni - Sotube"



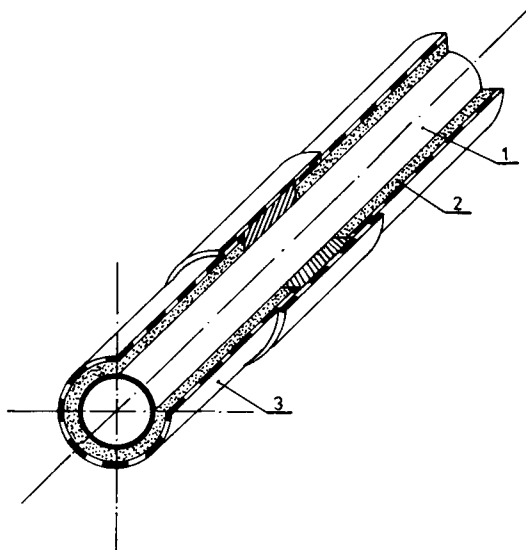
Rys.8. Konstrukcja wg metody "Flexkabel"



Rys.9. Konstrukcja wg metody "Fiskars"

2.4. Konstrukcje w obudowie z bitumu zbrojonego włóknem szklanym

Jest to konstrukcja znana pod nazwą "Isoterm" /rys.10/. Składa się ze stalowego przewodu /1/ zaizolowanego warstwą mineralnej wełny /2/, a następnie otoczonej wielowarstwową powłoką /3/ z bitumu zbrojonego włóknem szklanym. W innej wersji konstrukcji zastosowano ponadto zewnętrzny płaszcz betonowy.



Rys.10. Konstrukcja wg metody "Isoterm"

3. KRAJOWE KONSTRUKCJE BEZKANALOWYCH SIECI CIEPŁYCH W OBUDOWACH Z TWORZYWA TWS

W ostatnich latach opracowano w Bydgoskim Przedsiębiorstwie Budownictwa Inżynierskiego /BPBI/ jedną konstrukcję bezkanałowych sieci ciepłych, której przekrój poprzeczny obudowy jest monolityczny /zamknięty/ i dwie konstrukcje o dwudzielnym przekroju poprzecznym obudowy. Materiał użyty do obudowy stanowiło włókno szklane laminowane żywicą poliestrową /Polimal-109/. Wykonane w BPBI odcinki sieci ciepłych zostały poddane badaniom w Zakładzie Inżynierii Sanitarnej Wydziału Budownictwa ATR [3, 4].

3.1. Konstrukcje w kołowej obudowie monolitycznej

Składa się ona /rys.11/ ze stalowego przewodu /1/ zabezpieczonego antykorozyjnie, na którym ułożono symetrycznie podkładki azbestowe /2/, a na nich pierścienie dystansowe /3/. Przestrzeń między pierścieniami wypełniono matą z włóknistego materiału izolacyjnego /4/. Całość otoczono aluminiową papą /5/, a następnie siatką z tworzywa sztucznego /6/, na której szklane włókno laminowano żywicą poliestrową Polimal-109 /7/. W podobny sposób wykonano połączenia między prefabrykowanymi odcinkami. W wyniku badań [3] stwierdzono, że istnieją trudności w uzyskaniu wodoszczelnej warstwy zewnętrznej obudowy.

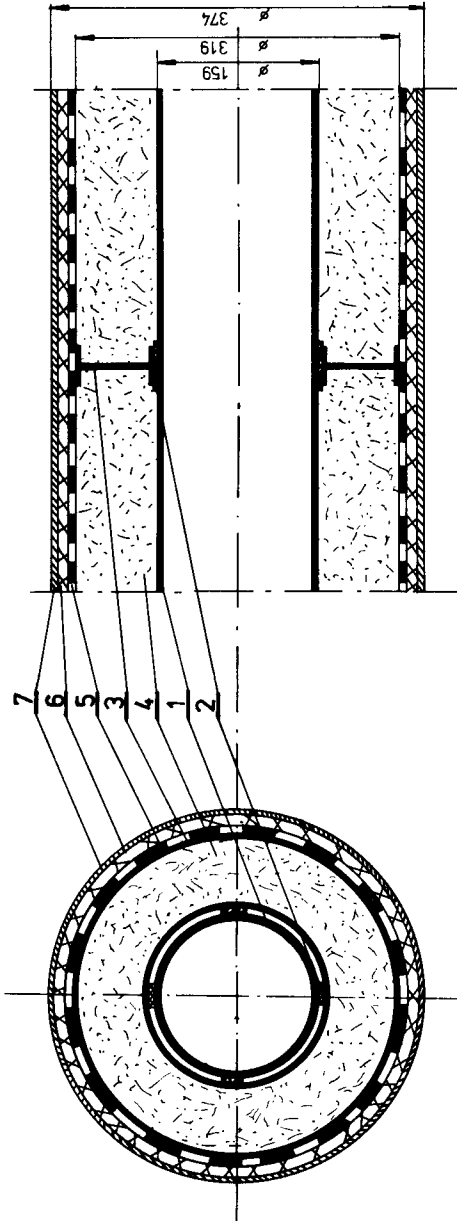
3.2. Konstrukcje o dwudzielnym przekroju poprzecznym obudowy

Obudowa przewidziana jest na dwa przewody stalowe, dla której łupiny wykonywane są na formach metodą laminowania włókna szklanego Polimalem-109.

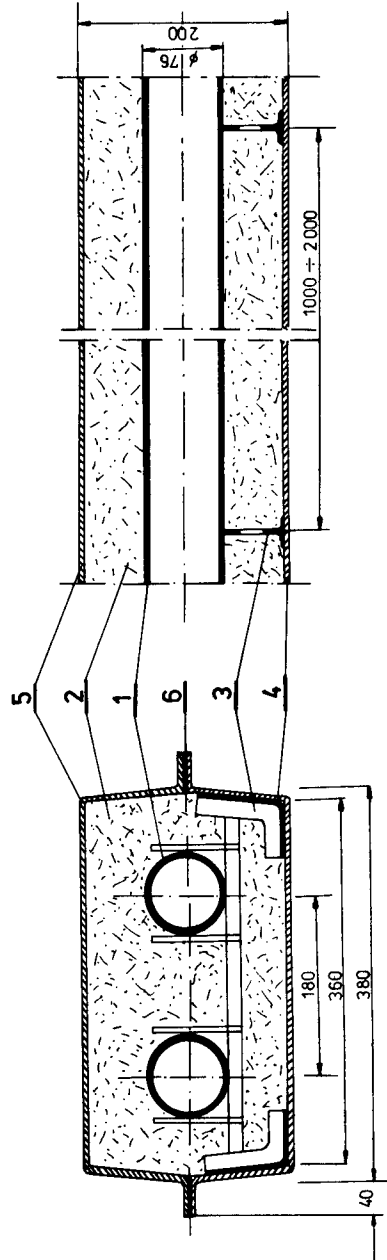
3.2.1. Trapezowy kształt łupin obudowy dwudzielnej

Konstrukcja /rys.12/ składa się z dwóch przewodów /1/ zabezpieczonych antykorozyjnie, które otoczone są matami z włóknistych materiałów izolacyjnych /2/. Każdy przewód otoczony jest z trzech stron płaskownikami /3/ /brak ograniczenia z czwartej strony zmusza do oznakowania orientacji góra - dół/ podpartymi na dolnej łupinie /4/. Górna łupina /5/ jest identycznego kształtu co dolna i opiera się na niej za pośrednictwem zewnętrznych, płaskich kołnierzy /6/. Ich powierzchnia jest sklejana Polimalem-109 i dociśnięta stolarskimi zaciskami i śrubami.

Na odcinku próbnym wbudowanym w terenie, łupiny /4,5/ posiadały wlamowane płaskowniki stalowe o szerokości 70 mm w odstępach co 0,65 m. Połączenia prefabrykowanych odcinków wykonano przez spawanie przewodów, zabezpieczenie antykorozyjne, wypełnienie wolnych przestrzeni materiałem izolacyjnym włóknistym oraz przyklejenie nakładek z odcinków łupiny i zalaminowanie włókna szklanego Polimalem-109.



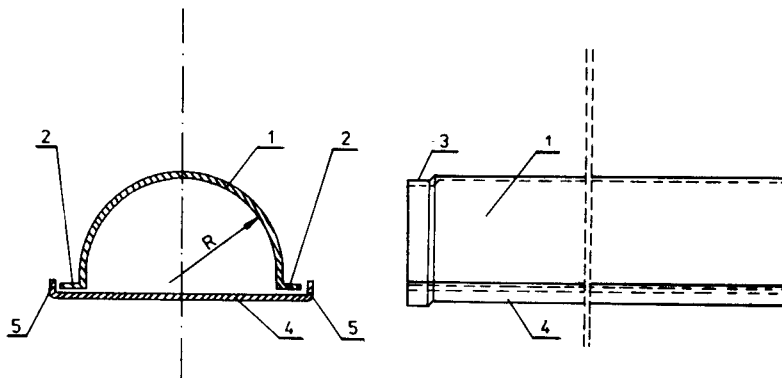
Rys.11. Konstrukcja w kołowej obudowie monolitycznej z tworzywa TWS



Rys.12. Konstrukcja w obudowie z łupin o kształcie trapezowym z tworzywa TWS

3.2.2. Półkolisty kształt obudowy dwudzielnej

Do badań [4] BPBI dostarczyło jedynie łupiny obudowy /rys.13/, dlatego do nich ograniczono niniejszy opis.



Rys.13. Konstrukcja w obudowie półkolistej z łupin z tworzywa TWS

Obudowę wykonano na dwóch formach metodą laminowania włókna szklanego Polimalem-109. Łupina górna jest cylindryczna /1/, posiada poziomo odgięte na zewnątrz kołnierze /2/. Jedna końcówka łupin zakończona jest bosym końcem /3/ stanowiącym odgięcie do wnętrza. Łupina dolna wykonana jest w kształcie płaskiej płyty /4/, której wzdłużne krawędzie /5/ są odgięte do góry. Połączenie łupin odbywa się przez sklejenie kołnierzy /2/ z płytą /4/ z równoczesnym stosowaniem śrub lub zacisków stolarskich.

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono 13 konstrukcji /w tym 10 zagranicznych i 3 polskie/ bezkanałowych sieci ciepłnych w różnych obudowach. Część z nich wymaga zastosowania materiałów i technologii, które mogą stanowić czynnik determinujący ich upowszechnienie w naszych warunkach. Pozostałe mogą być wdrażane, bowiem szybki rozwój ciepłownictwa zmusza do poszukiwań konstrukcji bezkanałowych, które w porównaniu z obecnie powszechnie stosowanymi kanałami żelbetowymi posiadają następujące zalety:

- większy stopień prefabrykacji polepsza jakość, przyspiesza prace w wytwórniach na budowie,
- znacznie mniejszy ciężar i koszt pracy sprzętu,
- wydłużają długość sezonu prac montażowych,
- odporność na działanie niekorzystnego środowiska gruntowo-wodnego,
- mniejsze koszty robót ziemnych,
- oszczędność materiałów budowlanych /beton, stal/.

Biorąc powyższe pod uwagę należy uznać za uzasadnione działania zmierzające do poszukiwania i wdrażania nowych konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłnych. W naszych warunkach przedsiębiorstwa wykonawcze są w stanie

wdrożyć te konstrukcje, dla których zewnętrzna obudowa w postaci łupin będzie produkowana na formach metodą laminowania włókna szklanego Polima-lem-109.

5. LITERATURA

- [1] Chmielnicki W.J.: Nowe sposoby izolacji przewodów sieci ciepłych oraz metody ich badania. Nowa technika w inżynierii sanitarnej, z.10, Arkady, Warszawa 1979
- [2] Kamler W.: Ciepłownictwo. PWN, Warszawa 1979
- [3] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania prototypowych odcinków rurociągu ciepłego wykonanych według nowej technologii /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983
- [4] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania wytrzymałościowe obudowy ciepłociągów z tworzywa TWS /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983

REVIEW OF CONSTRUCTIONS OF HEAT DISTRIBUTION CANALLESS NETWORKS

Summary

There were presented 13 constructions of heat distribution canalless networks put in ground, 10 of which were foreign and 3 Polish. The constructions had the following linings: metal, asbestos cement, glass reinforced bitumen and plastic of a closed and split section.

ПРОСМОТР КОНСТРУКЦИЙ БЕЗКАНАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Резюме

Представлены 13 конструкций безканальных тепловых сетей уложенных в грунте, из которых 10 это решения зарубежных авторов и 3 отечественных. Обделка этих конструкций следующая: металлическая, асбестоцементная, битумная армированная стеклянным волокном и из пластмасс с закрытым сечением и дихотомичным.

Piotr Dzieweczyński
Jan Klugiewicz

BADANIA BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH
W ZAKRESIE WODOSZCZELNOŚCI I WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH

W artykule omówiono prowadzone w Bydgoszczy badania nad bezkanałowymi sieciami cieplnymi w obudowach z tworzywa z włóknem szklanym. Badaniami objęto konstrukcje: w obudowie cylindrycznej oraz dwudzielnej. Zakres badań obejmował ocenę wodoszczelności w warunkach laboratoryjnych i w terenie oraz właściwości cieplne. Wyniki badań laboratoryjnych i obserwacje odcinka próbnego o długości 96 m wykonanego z łupin dwudzielnych wykazały, że konstrukcja ma dobre własności cieplne i zachowała szczelność w okresie całorocznej eksploatacji. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań nad takimi konstrukcjami.

1. WSTĘP

Przepływowi czynnika grzewczego w rurociągach towarzyszą straty do otoczenia jego mocy cieplnej. W celu ograniczenia tych strat w sieciach cieplnych stosuje się na rurociągach otuliny z materiału o małej wartości współczynnika przewodzenia ciepła. Aby materiał ten mógł spełniać funkcję izolacyjną, nie powinien ulegać zawilgoceniu, kompresji i niszczeniu.

Sieci cieplne ułożone w gruncie narażone są na obciążenia /parcie gruntu, naziomu/ oraz infiltrację wody /opadowej i gruntowej/ i dlatego powinny być odpowiednio zabezpieczone. To zabezpieczenie powinny zapewniać konstrukcje sieci oraz solidne wykonawstwo robót, a także wszelkie działania w czasie eksploatacji sieci cieplnych, które nie pogarszają warunków jej pracy.

Kanałowe sieci cieplne posiadają liczne mankamenty [5], a wśród nich charakteryzują się słabym zabezpieczeniem przeciwwilgotnościowym, które ogranicza ich zastosowanie w osiedlach położonych w trudnych warunkach hydrogeologicznych. W związku z wprowadzeniem do naszej praktyki bezkanałowych sieci cieplnych niezbędne są badania zwłaszcza wtedy, gdy stosuje się nowe konstrukcje i materiały do ich wykonania.

W Zakładzie Inżynierii Sanitarnej Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy przeprowadzono badania [6, 7] nad trzema wariantami konstrukcji bezkanałowych sieci cieplnych w obudowach z tworzyw sztucznych, wykonanymi w Bydgoskim Przedsiębiorstwie Budownictwa Inżynierskiego.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodyki i wyników badań w zakresie właściwości cieplnych i wodoszczelności konstrukcji sieci wykonanych przez BPBI w Bydgoszczy.

2. PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były konstrukcje bezkanałowych sieci cieplnych w obudowach z tworzywa zbrojonego włóknem szklanym /TWS/, które wykonano metodą laminowania włókna szklanego żywicą poliestrową /Polimal-109/. Omówienie tych konstrukcji znajduje się w artykule [4], dlatego tutaj zostaje pominięte. Badania dotyczyły cech wytrzymałościowych, które omówiono w artykule [7] oraz właściwości cieplnych i wytrzymałościowych. Realizowano je na próbnym odcinkach w laboratorium Wydziału Budownictwa ATR i w dzielnicy Osowa Góra w Bydgoszczy.

2.1. Badania wodoszczelności konstrukcji bezkanałowych sieci cieplnych

Wodoszczelność konstrukcji sieci cieplnych układanych w gruncie stanowi nader istotną jej cechę, bowiem zawilgocenie izolacji pogarsza oporność cieplną i zwiększa straty przesyłanej mocy cieplnej, a także może intensyfikować procesy korozyjne. Uzasadnione jest więc, że ta cecha powinna być badana przy ocenie konstrukcji sieci cieplnych.

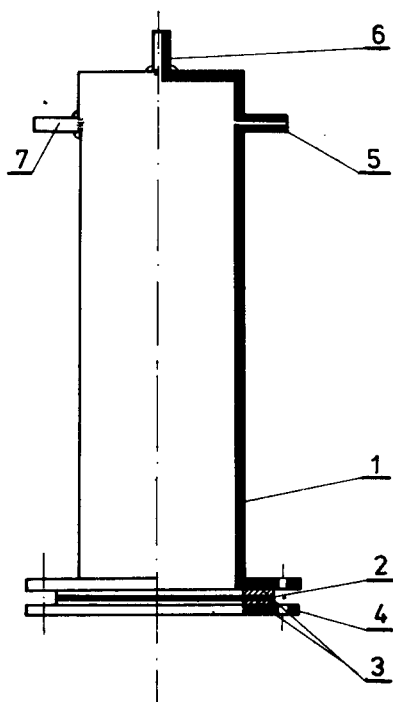
2.1.1. Badania wodoszczelności w warunkach laboratoryjnych

W laboratorium badano wodoszczelność tworzywa TWS uformowanego w postaci płaskich próbek oraz na gotowych obudowach odcinków zaizolowanego przewodu. Próbkę tworzywa obejmowały trzy warianty, bowiem były wykonane z 3+5 warstw włókna szklanego o gramaturze 500 g/m^2 nasycanych mieszaniną żywicy Polimal-109 z utwardzaczem i przyspieszaczem.

Do badań wodoszczelności płaskich próbek wykonano ciśnieniowe urządzenie /rys.1/ składające się z cylindrycznego zbiornika /1/ jednostronnie otwartego i zakończonego kołnierzem. Płaska próbka tworzywa TWS /2/ ograniczona dwustronnie gumowymi uszczelkami /3/ jest dociskana przeciwkońierzem /4/ za pomocą śrub. W drugim końcu zbiornika istnieją trzy króćce, a mianowicie w pobocznicy dla przewodu /5/ doprowadzającego wodę do zbiornika oraz króćciec /7/ do podłączenia manometru, natomiast w stropie zbiornika króćciec /6/ do odpowietrzania zbiornika.

Podczas badań stosowano zmienne wielkości ciśnienia wody w granicach 0-0,35 MPa oraz różny czas jego działania na płaską próbkę tworzywa TWS. Tak więc seria takich badań składała się z kilkudziesięciu powtórzeń dla każdej próbki.

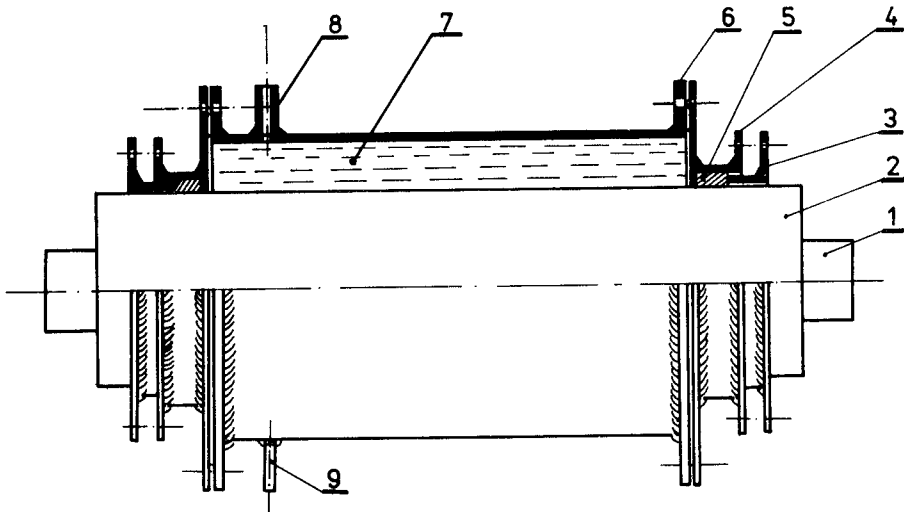
Wariant konstrukcji sieci w obudowie monolitycznej /rys.2/ poddano badaniom wodoszczelności w urządzeniu przedstawionym na rysunku 3.



Rys.1. Urządzenie do badania wodoszczelności płaskich próbek z tworzywa TWS



Rys.2. Odcinek konstrukcji kołowej do badań wodoszczelności



Rys.3. Urządzenie do badania wodoszczelności
monolitycznej konstrukcji kołowej

Rury /1/ o długości 1,5 m i nominalnej średnicy 159 x 4,5 mm zaizolowane i otoczone monolityczną obudową z TWS /2/ umieszczono w cylindrycznym zbiorniku zakończonym kołnierzami /6/ z uszczelkami. Na końcówki odcinka obudowy nasunięto dławice /4/, których większe kołnierze dokręcono śrubami do kołnierzy /6/ zbiornika, zaś mniejsze kołnierze po wprowadzeniu szczeliwa /5/ z bitumowanego sznura, służyły do skręcania śrubami dławika /3/. W wyniku tego uzyskiwano przestrzeń /7/, którą wypełniono wodą doprowadzoną przewodem /9/. Króciec /8/ służył do odpowietrzania i do zamontowania manometru.

2.1.2. Badania wodoszczelności w warunkach terenowych

Ocena wodoszczelności nowej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych ułożonych w gruncie jest bardziej trudna. Eksploatowana sieć posiada znaczną długość, a miejsc wnikania wody do jej wnętrza może być sporo i mają losowy charakter występowania. Nieszczelności obudowy mogą być spowodowane lokalnym obniżeniem jakości materiału obudowy podczas produkcji prefabrykatów oraz ich transportu, a także niestarannym montażem sieci.

Ocena wodoszczelności sieci eksploatowanych powinna się odbywać tzw. metodami nieniszczącymi. Wybór metody może być limitowany różnymi czynnikami, jak na przykład kosztami i czasem badań oraz dostępnością właściwej aparatury do pracy w warunkach terenowych. Biorąc powyższe pod uwagę należało opracować metodykę oceny wodoszczelności, która zapewnia wiarygodność, jest tania i możliwa do praktycznego zastosowania w terenie.

W wyniku infiltracji wody przez obudowę bezkanałowych sieci ciepłych następuje zawilgocenie materiału izolacyjnego, powodujące zmiany jego oporności cieplnych i właściwości elektrycznych. Te zjawiska mogą więc

stanowić przesłankę przy wyborze metodyki ustalania szczelności obudowy.

Wpływ wilgotności materiałów na zmiany współczynnika przewodzenia ciepła opisano w literaturze [1, 2]. Wzrost wilgotności warstwy izolacji termicznej powoduje zwiększenie strumienia ciepła przekazywanego przez konstrukcję sieci ciepłej. Strumień ten można wyrazić wzorem

$$q_o = \frac{\Pi(t_w - t_o)}{\frac{1}{\alpha_w \cdot d_w} + \sum_1^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_g} \ln \frac{4h}{d_z}}, \quad \frac{W}{m \cdot K} \quad (1)$$

lub w prostszej postaci

$$q_o = \frac{(t_w - t_o)}{R_\alpha + \sum_1^n R_{pi} + R_g} \quad (1a)$$

gdzie:

- t_w - średnia temperatura czynnika grzewczego w przekroju przewodu, °C
- t_o - temperatura powietrza, °C
- α_w - współczynnik przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni rury, $\frac{W}{m \cdot K}$
- d_w - średnica wewnętrzna rury, m
- d_{i+1}, d_i - średnice cylindrycznych powierzchni ograniczających kolejne warstwy konstrukcji, m
- d_z - średnica zewnętrzna /zastępcza średnica/ konstrukcji, m
- λ_i - współczynnik przewodzenia ciepła i-tego materiału, $\frac{W}{m \cdot K}$
- λ_g - współczynnik przewodzenia ciepła gruntu, $\frac{W}{m \cdot K}$
- h - zagłębienie sieci ciepłej w gruncie, m
- R_α - opór przejmowania, $\frac{m \cdot K}{W}$
- R_{pi} - opór przewodzenia i-tej warstwy, $\frac{m \cdot K}{W}$
- R_g - opór przewodzenia gruntu, $\frac{m \cdot K}{W}$

Dla jednej z warstw konstrukcji można napisać podobną zależność

$$q_o = \frac{\Pi(t_i - t_{i+1})}{\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (2)$$

lub

$$q_o = \frac{(t_i - t_{i+1})}{R_{pi}} \quad (2a)$$

gdzie:

- t_{i+1}, t_i - temperatury na powierzchniach ograniczających i-tą warstwę konstrukcji, K

Strumienie te są oczywiście sobie równe co prowadzi do następującej zależności

$$\frac{t_w - t_o}{R_{\alpha} + \sum_1^n R_{pi} + R_g} = \frac{t_i - t_{i+1}}{R_{pi}} \quad (3)$$

Analizując udział poszczególnych oporów w wartości sumy można pominąć R_{α} [3] i przekształcić równanie (3) do postaci

$$\frac{t_w - t_o}{t_i + t_{i+1}} = \frac{\sum_1^n R_{pi} + R_g}{R_{pi}} = A \quad (4)$$

Istnienie szczelności konstrukcji sieci cieplnej upoważnia do przyjęcia niezmienności wartości oporów R_{pi} . Przyjmując dodatkowo stabilność warunków wilgotnościowych w gruncie, uzyskuje się stałość stosunku oporów /A/ we wzorze (4). Wynika z tego, że stosunek różnic temperatur w tym wzorze jest stały i może stanowić podstawę do oceny szczelności właśnie metodą gradientu temperatur. Warstwa materiału izolacyjnego powoduje najwyższy gradient temperatur, dlatego odpowiednie pomiary powinny być realizowane na powierzchniach ją ograniczających.

Przy zmianach wilgotności gruntu i konstrukcji ulega oczywiście zmianie wartość stosunku A. Według Cammerera [2] zwiększenie wilgotności objętościowej materiału izolacyjnego o 1% powoduje wzrost współczynnika przewodzenia ciepła λ o 10-15%. Wartość tego samego współczynnika λ dla gruntu wynosi $0,7 + 1,75 \frac{W}{mK}$ przy jego wilgotności w granicach 0 + 30% i wyższej [3].

Obliczenia stosunku oporności wykonano dla przewodu o średnicy nominalnej 50 mm zaizolowanego warstwą wełny szklanej o grubości 40 mm. Uwzględniono w nich jedynie opory materiału izolacyjnego i gruntu wobec małych ich wartości dla pozostałych warstw konstrukcji cylindrycznej. Wyniki obliczeń /rys.4/ wskazują, że dla szczelnej konstrukcji stosunek oporów cieplnych, a tym samym różnic temperatur, osiągają wartości najniższe.

Zmiana wilgotności materiałów wpływa również na wielkość parametrów elektrycznych. Można między innymi wykorzystać wpływ wilgotności powietrza w materiałach włóknistych na wartość pojemności elektrycznej kondensatora cylindrycznego /trymera/. W wyniku badań przeprowadzonych w warunkach izotermicznych próbek wełny szklanej o różnej wilgotności [6] stwierdzono jej wpływ na pojemność trymera /rys.5/. W miarę wzrostu wilgotności W /% wagowej/ w próbkach ulegała zwiększeniu względna zmiana stosunku $\frac{\Delta C}{C_0}$ pojemności elektrycznej czujników. Na podstawie pomiarów stwierdzono:

$$\begin{aligned} \text{- przy wilgotności: } W \leq 20 \% & \quad - \frac{\Delta C}{C_0} \leq 1 \\ W > 20 \% & \quad - \frac{\Delta C}{C_0} \approx 10 + 5000 \end{aligned}$$

oraz $R > 100 \text{ k}\Omega$

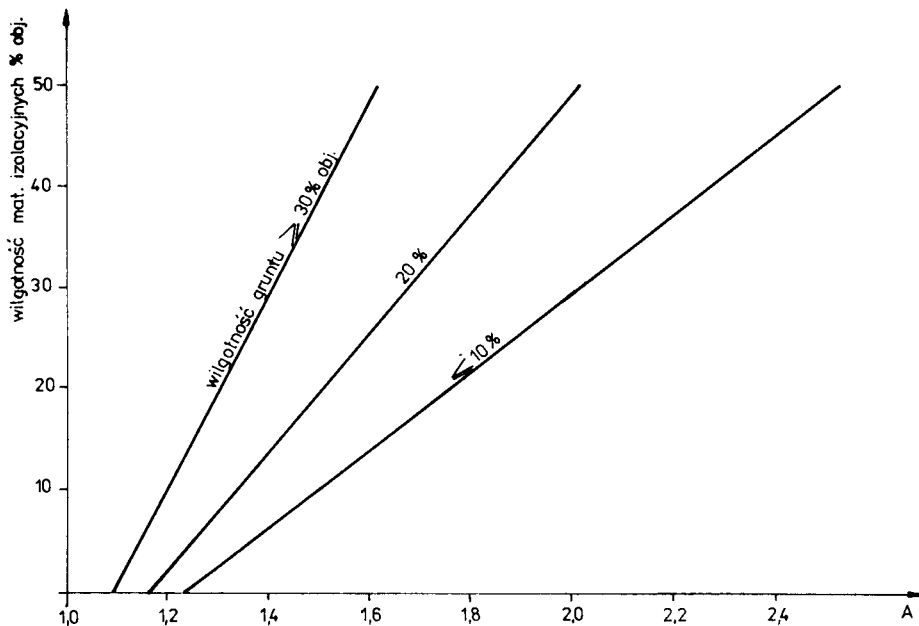
- natomiast w przypadku pojawienia się wody w czujnikach:

$$\frac{\Delta C}{C_0} > 5000$$

oraz

$$R < 1 \text{ k}\Omega$$

Umożliwia to dokonywanie oceny zawilżenia izolacji przez pomiar C_0 - pojemności elektrycznej /co jest trudne do zrealizowania w warunkach terenowych/, ewentualnie oporu elektrycznego R zamontowanych trymerów.

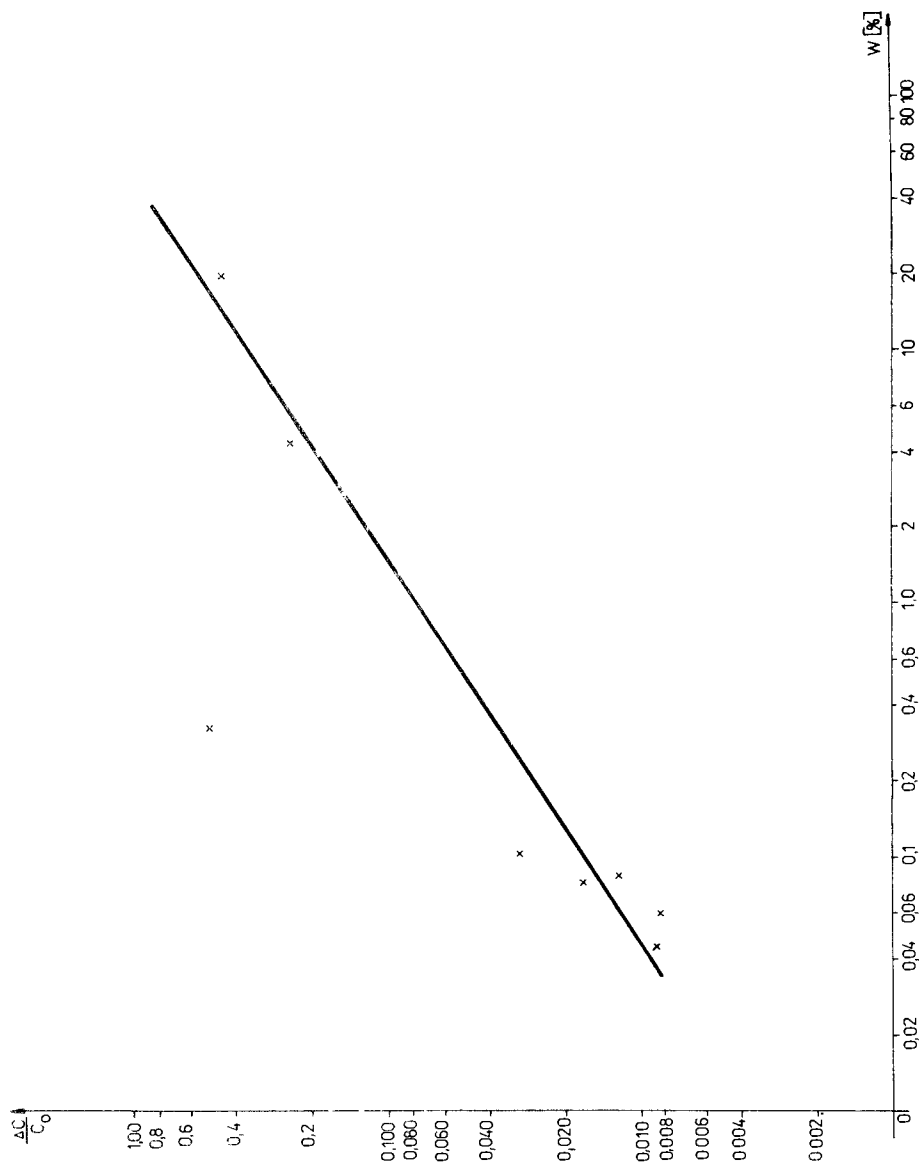


Rys.4. Wpływ zawilżenia gruntu i materiału izolacyjnego na wartość stosunku A oporów cieplnych

W warunkach terenowych oceną szczelności objęto 96 metrowy odcinek sieci ciepłej o parametrach $150/70^{\circ}\text{C}$, wykonany przez BPBI wg II wariantu konstrukcji /rys.6/, wzmocnionej płaskownikami o szerokości 70 mm w odstępach 65 cm. Konstrukcja z rurami o średnicy 76×3 mm została posadowiona na głębokości $1,2 + 1,8$ m. Na próbnym odcinku sieci zamontowane były dwie podpory stałe i po jednym załamaniu oraz wydłużce. Fragment wykonanej według nowej technologii sieci ciepłej przedstawia rysunek 7.

W losowo wybranych przekrojach, w miejscach połączeń prefabrykatów, zamontowano pięć par uprzednio wyworcowanych czujników termistorowych do pomiaru temperatury oraz osiem trymerów z dielektrykiem powietrznym o ustalonej pojemności początkowej C_0 .

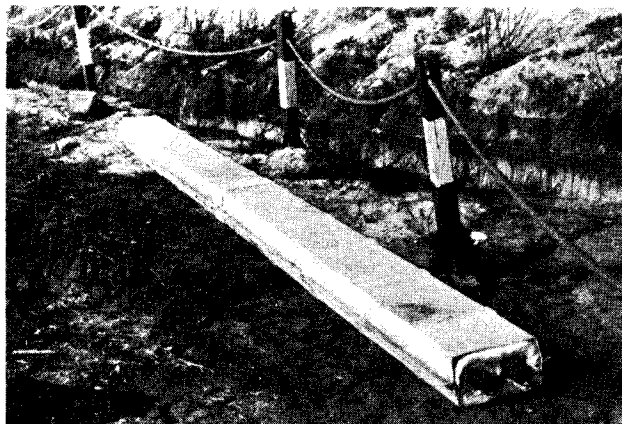
Termistory zamontowano pod przewodem zasilającym, na powierzchni zewnętrznej rury i wewnętrznej powierzchni obudowy z tworzywa TWS. Trymery u-



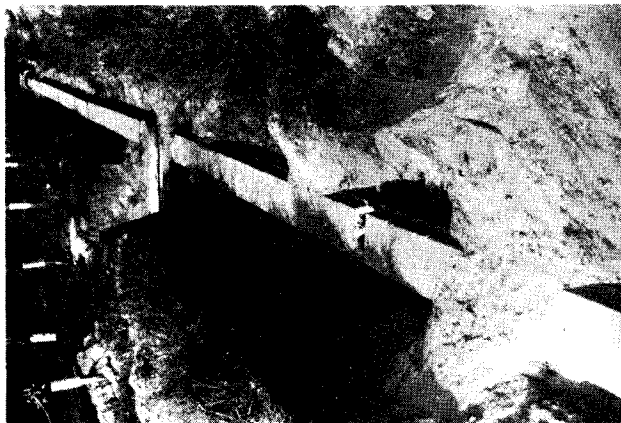
Rys. 5. Wpływ zawilżenia próbek wełny mineralnej na zmianę pojemności elektrycznej trymera

mieszczono na wewnętrznej powierzchni dolnej części obudowy między przewodami sieci ciepłej, czyli w miejscu prawdopodobnego gromadzenia się wody. Schemat rozmieszczenia czujników przedstawia rysunek 8. Przewody impulsowe czujników termistorowych wyprowadzono do specjalnej studzienki, natomiast od trymerów do obudów żeliwnych na trasie sieci ciepłej.

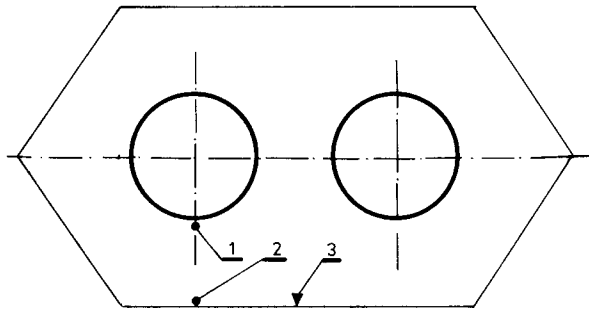
Obserwacje odcinka próbnego prowadzone były w sezonie grzewczym 1982/83, w którym dokonywano pomiarów wielkości elektrycznych za pomocą mostka Wheatstone'a typ MW-4 przeciętnie raz na tydzień w godzinach południowych. Temperatury czynnika grzewczego w przewodzie zasilającym i powrotnym mierzone były termometrami rtęciowymi o najmniejszej podziałce 0,5 K, a temperatury powietrza w miejscu zacienionym - termometrem o dokładności 0,2 K.



Rys.6. Prefabrykowany odcinek sieci w obudowie z łupin o kształcie trapezowym



Rys.7. Fragment wykonanej sieci ciepłej w obudowie z tworzywa TWS

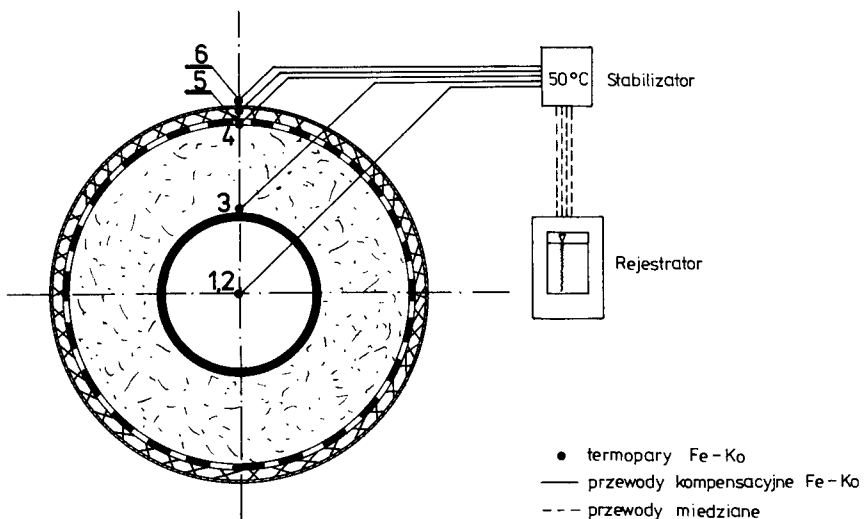


Usytuowanie czujnika	Rodzaj czujnika	Numer czujnika w przekroju pomiarowym				
		1	8	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7
1	termistor	8	5	10	9	1
2		2	7	6	4	3
3	kondensator	4	6	5	7	8

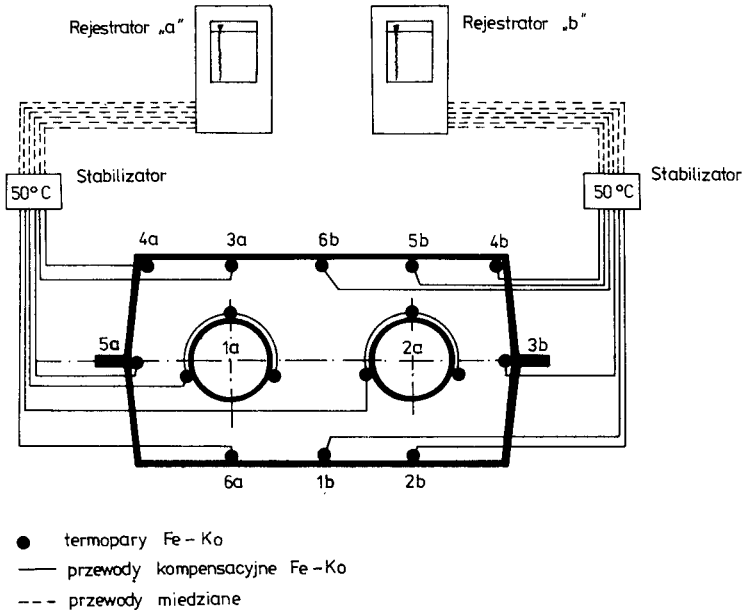
Rys.8. Schemat rozmieszczenia czujników w przekroju poprzecznym konstrukcji sieci cieplnej

2.2. Badania właściwości cieplnych konstrukcji w warunkach laboratoryjnych

W laboratorium badano dwa warianty konstrukcji bezkanałowych sieci cieplnych na stanowiskach przedstawionych schematycznie na rysunkach 9 i 10.



Rys.9. Schemat stanowiska do badań cieplnych konstrukcji w obudowie kołowej



Rys.10. Schemat stanowiska do badań cieplnych konstrukcji z łupin o kształcie trapezowym

Do pomiaru temperatur stosowano termopary żelazo - konstantan /Fe-Ko/, które zamontowano w środkowej części odcinka zaizolowanego przewodu w charakterystycznych punktach przekroju poprzecznego. Zlokalizowano je na powierzchniach ekwipotencjalnych, równoległe do osi rurociągów. Odczyty i rejestracja temperatur odbywała się na wielomiejscowych rejestratorach klasy 0,25 typu MK produkcji NRD. Stabilizacja temperatury na poziomie $+50^{\circ}\text{C}$ utrzymywana była przez specjalne termostaty.

Podczas badań cylindrycznej konstrukcji /rys.2/ przez rurę przepływała woda o temperaturze 50°C . W odmienny sposób symulowano warunki pracy sieci o trapezowej konstrukcji /rys.6/, bowiem w rury wprowadzono spirale grzejne o mocy 150 i 200 W, a pozostałą przestrzeń wypełniono suchym piaskiem. Regulacji temperatur w obydwu przewodach dokonywano poprzez zmianę napięcia prądu zasilającego spirale grzejne za pomocą autotransformatora.

Pomiary prowadzono dla temperatur rur zbliżonych do nominalnych warunków pracy próbnego odcinka sieci cieplnej, wykonanego i badanego w dzielnicy Osowa Góra w Bydgoszczy.

3. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW BADAŃ

3.1. Wyniki badań wodoszczelności w warunkach laboratoryjnych

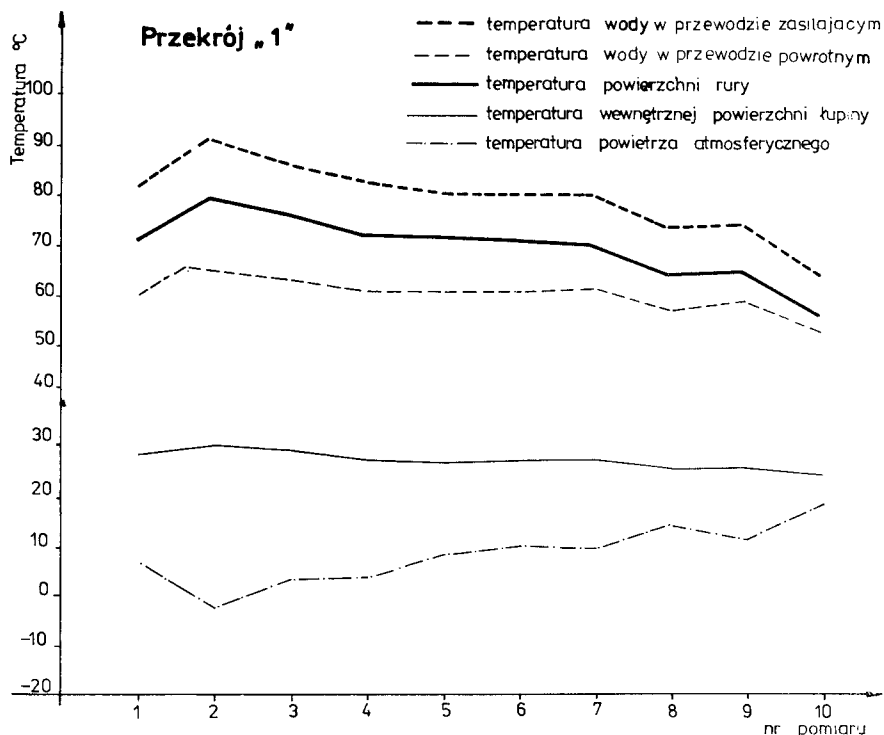
Płaskie próbki z tworzywa TWS podczas badań /p.2.1.1/ wykazały się wodoszczelnością, pomimo znacznych odkształceń pod wpływem parcia hydro-

statycznego na ich powierzchni od strony zbiornika. Dowodzi to, że próbki były wykonane starannie, a tworzywo TWS nadaje się do zastosowania w obudowach bezkanałowych sieci ciepłych.

Cylindryczna obudowa z TWS na próbnym odcinkach użytych do badań /p.2.1.1/ wykazywała, podczas oględzin, lokalne rozwarstwienia tkaniny szklanej zalaminowanej Polimalem-109, w których istniały pęcherze powietrzne. Badania ich w ciśnieniowej komorze dały negatywne wyniki wodoszczelności. Ten brak wodoszczelności jest wynikiem niekorzystnej konstrukcji oraz zastosowanej technologii laminowania obudowy.

3.2. Wyniki badań wodoszczelności w warunkach terenowych

Trapezowa obudowa próbnego odcinka była badana /p.2.1.2/ metodą pośrednią. Wartości temperatur uzyskane z pomiarów podano w tabeli 1, natomiast graficzną ilustrację ich dynamiki podano na rysunku 11 na przykładzie jednego przekroju pomiarowego. Wartości te stanowiły podstawę obliczeń według wzoru (4) wartości stosunku A odpowiednich temperatur /tab.1/. Zróżnicowanie średnich wartości dla poszczególnych przekrojów zostało prawdopodobnie spowodowane rozbieżnościami w lokalizacji czujników termistorowych, wynikłymi z terenowych warunków montażu sieci i czujników pomiarowych. Względne błędy wartości A mieszczą się w przedziale $6,4 \pm 8,9\%$.



Rys.11. Wyniki pomiarów temperatur na próbnym odcinku sieci ciepłej dla jednego z badanych przekrojów

Tabela 1

Wyniki pomiarów temperatur na próbnym odcinku sieci

Nr pomiaru	t_w °C	t_o °C	Przekroje pomiarowe																
			1		2		3		4		5								
			t_i °C	t_{i+1} °C	t_i °C	t_{i+1} °C	A	t_i °C	t_{i+1} °C	A	t_i °C	t_{i+1} °C	A						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	81,0	7,0	70,8	28,2	1,737	69,6	14,7	1,348	70,6	27,5	1,717	65,3	24,0	1,792	65,3	22,2	1,717		
2	90,1	-1,8	79,0	30,2	1,883	77,5	16,2	1,499	78,7	27,5	1,795	73,5	22,8	1,813	73,3	23,0	1,827		
3	85,5	3,5	76,0	29,2	1,752	74,3	15,5	1,395	75,5	26,5	1,673	70,2	21,2	1,673	69,7	20,8	1,677		
4	80,0	8,5	71,2	26,8	1,610	68,6	14,7	1,326	70,0	22,3	1,499	64,0	20,0	1,625	64,5	18,2	1,544		
5	82,0	3,8	71,6	27,0	1,753	70,5	14,2	1,389	71,7	22,3	1,583	66,5	20,0	1,682	65,5	18,0	1,646		
6	79,8	10,0	70,8	27,1	1,597	68,5	15,0	1,305	69,8	22,5	1,476	64,5	20,5	1,586	64,3	17,8	1,501		
7	79,3	9,5	69,2	27,0	1,654	68,0	14,9	1,315	69,0	22,5	1,501	63,8	20,7	1,619	63,2	18,0	1,544		
8	73,0	14,0	63,6	25,0	1,528	63,8	14,7	1,202	64,7	21,8	1,375	59,8	19,7	1,471	59,3	16,7	1,385		
9	73,3	11,0	64,0	25,4	1,614	62,8	15,5	1,317	64,0	22,4	1,498	59,2	20,4	1,606	58,5	17,6	1,523		
10	64,0	17,5	55,5	24,0	1,476	54,5	15,5	1,192	55,5	21,0	1,348	52,0	19,5	1,431	51,2	16,8	1,352		
wartość średnia \bar{A}			1,547															1,630	1,572
średni błąd kwadratowy σ_n			0,137															0,115	0,140
błąd względny %			8,9															7,1	8,9

W ciągu sezonu grzewczego 1982/83 i po jego zakończeniu, pomiary oporności wszystkich zamontowanych czujników trymerowych wykazywały wartości ponad 600 k Ω /górny zakres pomiarowy przyrządu/. Gdyby istniała w badanym sezonie infiltracja wody przez obudowę, wówczas pojawiłaby się ona na wewnętrznej powierzchni dolnej części obudowy i w przyległej do niej izolacji cieplnej. Po przerwaniu pracy sieci cieplnej następuje kondensacja pary wodnej, wywołana stygnięciem konstrukcji, powodując wypełnienie wodą przestrzeni między okładkami trymerów i znaczne zmniejszenie jego oporności elektrycznej.

Ponieważ tego zjawiska nie zaobserwowano w żadnym z czujników, dlatego można wnioskować, że w badanych warunkach nie było infiltracji wody przez obudowę z TWS bezkanałowego odcinka sieci cieplnej. Nadmienić należy, że w badanym okresie przy niskich opadach deszczu i braku akumulacji wody w pokrywie śnieżnej, ruch wody wolnej w pobliżu sieci cieplnej mógł być ograniczony. Dlatego wskazana jest kontynuacja tych badań z ewentualną w razie potrzeby, sztuczną zmianą uwilgotnienia gruntu na trasie próbnego odcinka.

3.3. Wyniki badań cieplnych

Pomiary przeprowadzone dla monolitycznej konstrukcji w obudowie cylindrycznej /rys.2/ z rurą o średnicy 159 x 4,5 mm /p.2.2/ stanowiły podstawę do określenia wartości jej oporu cieplnego R. Obliczono ją korzystając ze wzorów (1), (2) dla wymiarów geometrycznych przekroju poprzecznego i wartości współczynników przewodzenia ciepła zastosowanych materiałów oraz pomierzonych spadków temperatur. Przy spadku temperatury w warstwie wełny mineralnej wynoszącym 20,7 K oraz całkowitej różnicy temperatur wody w przewodzie i powietrza otaczającego, równej 26,5 K, obliczona wartość oporu cieplnego konstrukcji wynosi $R = 3,3 \frac{\text{m K}}{\text{W}}$.

Temperatury uzyskane w wyniku pomiarów przeprowadzonych dla konstrukcji w łupinach o trapezowych kształtach /rys.6/, z przewodami o średnicy 76 x 3,0 mm zestawiono w tabeli 2.

W obliczeniach oporu cieplnego, dla takiego kształtu przekroju poprzecznego, wykorzystano wzory dotyczące przegród cylindrycznych. Założono, że opór cieplny konstrukcji, w odniesieniu do jednego przewodu, może być średnią arytmetyczną z wartości obliczonych dla kierunków przekazywania ciepła od osi rury do miejsca usytuowania czujników temperatury. Ponadto pominięto wpływ wzajemnego oddziaływania przewodów [3]. Uwzględniając powyższe założenie uzyskano wartość oporu cieplnego $R_{gr} = 4,1 \frac{\text{m K}}{\text{W}}$.

Wartości oporów cieplnych otrzymane w wyniku przeprowadzonych pomiarów i obliczeń dla obu konstrukcji są trochę wyższe od obliczonych teoretycznie. Jest to spowodowane istnieniem - między obudową a materiałem izolacyjnym - warstwy powietrza poprawiającej własności izolacyjne konstrukcji.

Tabela 2

Wyniki pomiarów temperatur w przekroju pomiarowym

Nr punktu	Temperatura °C		
	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
1	2	3	4
1a	146,5	147,6	147,6
2a	73,5	72,0	71,1
3a	37,0	33,6	31,8
4a	32,5	29,1	27,0
5a	35,5	32,7	30,9
6a	39,0	36,3	34,8
1b	40,6	38,4	36,6
2b	33,5	31,2	29,4
3b	29,6	26,8	25,2
4b	28,6	26,0	24,2
5b	31,3	27,6	26,0
6b	33,8	30,2	28,4
tw*	25,8	23,8	22,9

* temperatura powietrza w pomieszczeniu

4. LITERATURA

- [1] Bogosłowski W.N.: Fizyka budowli. Arkady, Warszawa 1975
- [2] Cammerer J.S.: Izolacje ciepłochronne w przemyśle. Arkady, Warszawa 1967
- [3] Chmielnicki W.J.: Nowe sposoby izolacji przewodów sieci ciepłych oraz metody ich badania. Nowa technika w inżynierii sanitarnej, z.10, Arkady, Warszawa 1979
- [4] Dzieweczyński P., Klugiewicz J.: Przegląd konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych /w niniejszym zeszycie/
- [5] Kamler W.: Ciepłownictwo. PWN, Warszawa 1979
- [6] Praca zbiorowa /red. J.Klugiewicz/: Badania prototypowych odcinków rurociągu ciepłego wykonanych według nowej technologii /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983
- [7] Praca zbiorowa /red. J.Klugiewicz/: Badania wytrzymałościowe obudowy ciepłociągów z tworzywa TWS /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983

INVESTIGATION INTO HEAT DISTRIBUTION CANALLESS NETWORKS
AS REGARDS WATERPROOF AND HEAT PROPERTIES

Summary

The paper gives a discussion of the investigation into heat distribution canalless networks in glass reinforced plastic linings conducted in Bydgoszcz. The investigation included constructions in cylindrical and split lining. Waterproof properties under laboratory and open ground conditions as well as heat properties were examined. The results of a laboratory investigation and an observation of the sample section of 96 meters long made from split shells proved that the construction had good heat properties and was leakproof over a period of one-year-operation. A further investigation into such constructions is necessary.

ПРОСМОТР БЕЗКАНАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ
И ИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Резюме

В статье представлены проводимые в Быдгоще исследования безканальных тепловых сетей с обделкой из пластика со стеклянным волокном. Исследовались конструкции с обделкой цилиндрической и дихотомической. Была исследована оценка водонепроницаемости в лабораторных условиях и на стройплощадках, а также изоляционные свойства. Результаты лабораторных исследований и наблюдения над опытным отрезком длиной в 96 м выполненным из дихотомических оболочек показали, что конструкция отличается хорошими изоляционными свойствами и сохранила хорошую непроницаемость в течение годовой эксплуатации. Необходимо проведение дальнейших исследований над такими конструкциями.

Adam Podhorecki

BADANIA BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH
W ZAKRESIE CECH WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH
OBUDOWY Z TWORZYW SZTUCZNYCH

W pracy przedstawia się wyniki badań wytrzymałościowych łupin z tworzyw sztucznych /stosowanych do bezkanałowych sieci cieplnych/. W szczególności badano składowe stanu naprężenia i przemieszczenia.

1. WSTĘP

W ostatnich latach pojawiają się tendencje zastępowania tradycyjnych sieci cieplnych /prowadzonych w kanałach żelbetowych/ nowymi konstrukcjami bezkanałowymi w obudowie z tworzyw sztucznych. Zastosowanie nowych konstrukcji, kształtów i materiałów wymaga wielu badań.

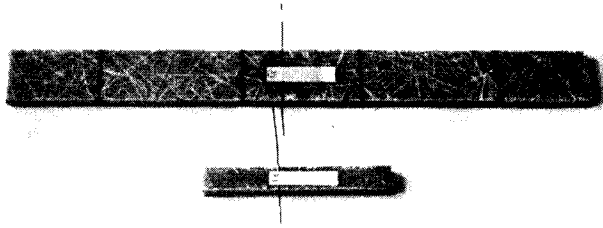
Bydgoskie Przedsiębiorstwo Budownictwa Inżynieryjnego udostępniło do badań - Wydziałowi Budownictwa ATR w Bydgoszczy - trzy nowe konstrukcje bezkanałowych sieci cieplnych. Wyniki tych badań zawierają opracowania [6, 7], zaś ich streszczenie w zakresie badań wodoszczelności i właściwości cieplnych przedstawiono w artykule [1].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie syntezy badań modułu sprężystości oraz składowych stanu naprężenia od symulowanego obciążenia. Przedmiotem badań były obudowy o dwudzielnych przekrojach /dwa typy/, których charakterystykę geometryczną podano w artykule [2].

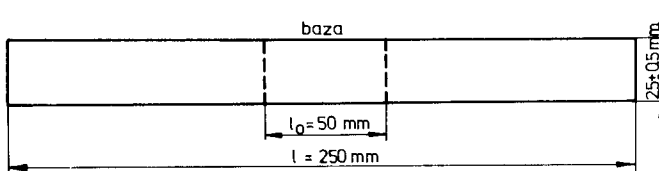
2. OZNACZENIE MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI

Moduł sprężystości /E/ określono według obowiązujących norm dla tworzyw sztucznych [3, 4, 5]. Na wyodrębnionych z łupin próbkach /rys.1/ - o kierunku wzdłużnym i poprzecznym do osi obudowy - dokonano próby rozciągania i zginania.

Rozciąganie próbki /rys.2/ realizowano maszyną wytrzymałościową ZD 10/90, a odkształcenia mierzono tensometrami elektrooporowymi RR 120/20 o stałej 2,15.



Rys.1. Próbki do badania modułu sprężystości



Rys.2. Schemat beleczki rozciąganej

Moduł sprężystości przy rozciąganiu E_r obliczono według wzoru:

$$E_r = \frac{(F_2 - F_1) 100}{A_0 (\epsilon_2 - \epsilon_1)} \quad (1)$$

w którym:

F_2 - siła odpowiadająca 10% siły niszczącej

F_1 - siła odpowiadająca 3% siły niszczącej

A_0 - pole powierzchni przekroju próbki

ϵ_2 - odkształcenie odpowiadające sile F_2

ϵ_1 - odkształcenie odpowiadające sile F_1

Pełne wyniki pomiarów zawarte są w pracy [7]. Tutaj ograniczono się do podania wartości średnich \bar{E}_r oraz odchylenia standardowego /tab.1/.

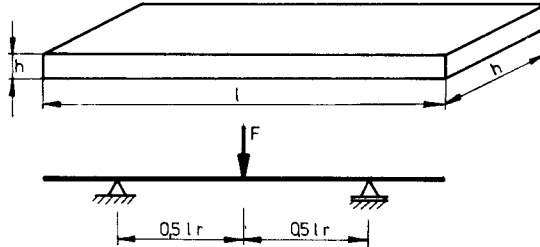
Tabela 1

Średnie wartości modułu sprężystości przy rozciąganiu

Próbka wyodrębniona względem osi łupiny	Liczba warstw maty szklanej	Średni moduł sprężystości E_r	Odchylenie standardowe S_r
	szt.	MPa	MPa
poprzecznie	5	4244	222
	4	4164	601
wzdłużnie	5	3657	379
	4	3434	285

Próbie rozciągania prowadzono przy zwiększającej się sile, doprowadzając do zniszczenia próbki. Z otrzymanych rezultatów wynika, że zależność $\sigma - \epsilon$ jest w przybliżeniu liniowa [7].

Zginanie beleczek /rys.3/ przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej ZD 10/90, odkształcenie mierzono tensometrami elektrooporowymi, a strzałkę ugięcia tensometrami mechanicznymi.



Rys.3. Schemat beleczki zginanej

Moduł sprężystości przy zginaniu E_z obliczono ze wzoru:

$$E_z = \frac{l_r^3 (F_2 - F_1)}{4 b h^3 (z_2 - z_1)} \quad (2)$$

w którym:

- F_1 - siła przy odkształceniu 0,1%
- F_2 - siła przy odkształceniu 0,4%
- z_1 - strzałka ugięcia odpowiadająca odkształceniu 0,1%
- z_2 - strzałka ugięcia odpowiadająca odkształceniu 0,4%

Pełne wyniki badań zawarte są w pracy [7], a tutaj ograniczono się do podania wartości średnich \bar{E}_z oraz odchylenia standardowego /tab.2/.

Tabela 2

Średnie wartości modułu sprężystości przy zginaniu

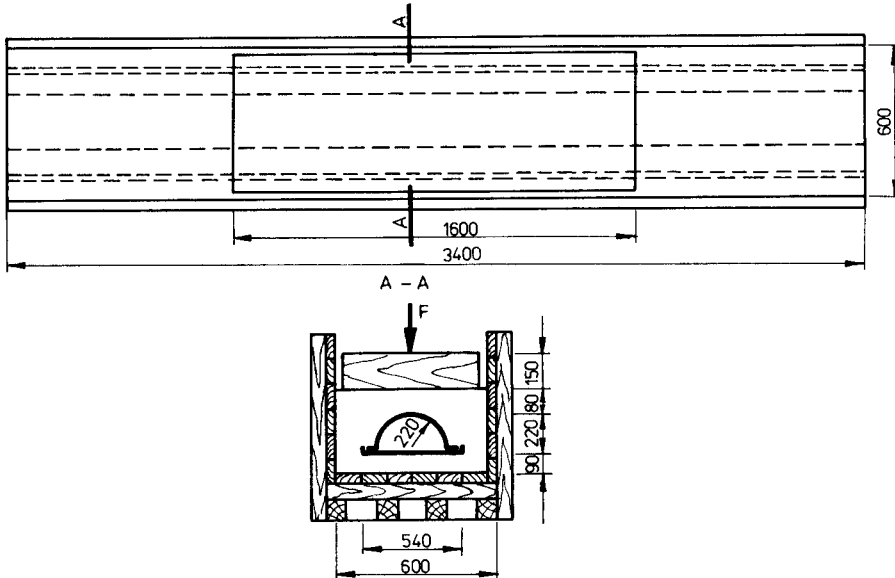
Próbka wyodrębniona względem osi łupiny	Liczba warstw maty szklanej	Średni moduł sprężystości E_z	Odchylenie standardowe S_z
	szt.	MPa	MPa
poprzecznie	5	4243	526
	4	4158	675
wzdłużnie	5	3148	168
	4	3247	359

Powyższe badania pozwoliły stwierdzić, że zależność $\sigma - \epsilon$ jest liniowa, z czego wynika stosowalność prawa Hooke'a oraz możliwość korzysta-

z superpozycji fizykalnej. Wartość modułu sprężystości dla dwóch różnych oznaczeń /próba rozciągania i zginania/ jest zbliżona i podobna dla łupin składających się z czterech i pięciu warstw maty szklanej. Zróżnicowanie występuje jedynie w próbkach wyodrębnionych poprzecznie i wzdłużnie względem osi łupiny [6,7].

3. NAPRĘŻENIA OD SYMULOWANEGO OBCIĄŻENIA

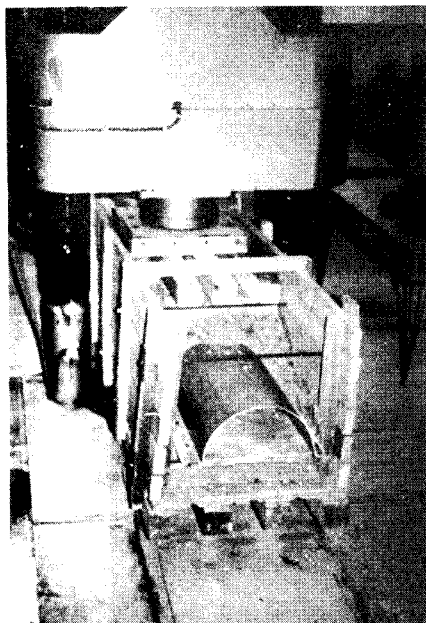
Badaniom laboratoryjnym poddano dwie konstrukcje obudów /obudowy o przekroju poprzecznym trapezowym oraz o przekroju półkolistym - por. [2]/ o długości ok. 3,50 m, które układano w sztywnej, drewnianej skrzyni na podsypce piaskowej /grubość 9,0 cm/. Od góry obudowy te przysypano piaskiem. Obciążenie realizowano poprzez sztywną płytę o długości 1,60 m /rys.4,5/.



Rys.4. Stanowisko do badań wytrzymałościowych obudów z tworzywa TWS

Tak pomyślane i wykonane stanowisko badawcze miało obrazować rzeczywiste warunki pracy statycznej obudowy. Obciążenie realizowano prasą hydrauliczną DRMB 600. Rozety tensometryczne /tensometry elektrooporowe RL 120/80, mostek tensometryczny TSA-4/ rozmieszczono wewnątrz obudowy /rys.6/.

W trakcie obciążania zwiększającą się siłą F mierzono także wzajemne przemieszczenia dwóch łupin /w środku pod płytą obciążającą/. Pomiaru tego dokonywano niwelatorem geodezyjnym z wmontowanych wewnątrz obudowy łąt /rys.7/. Wszystkie punkty pomiarowe umieszczono pod środkiem płyty obciążającej.



Rys.5. Badanie obudowy o przekroju półkolistym

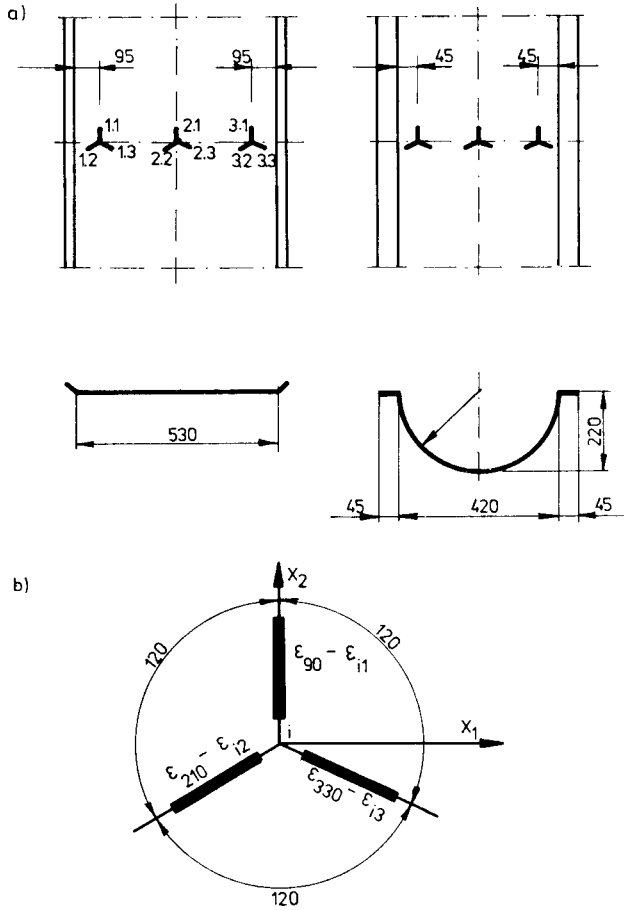
Składowe tensora odkształcenia w punkcie "i" dla rozety typu "gwiazda" /rys.6b/ w układzie osi x_1, x_2 charakteryzują wzory:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{11}^i &= \frac{1}{3} \left[-\varepsilon_{i1} + 2(\varepsilon_{i2} + \varepsilon_{i3}) \right] \\ \varepsilon_{22}^i &= \varepsilon_{i1} \\ \gamma_{12}^i &= \frac{\sqrt{3}}{6} (\varepsilon_{i2} - \varepsilon_{i3})\end{aligned}\quad (3)$$

gdzie ε_{ik} oznacza odkształcenie, które zostało pomierzone w rozecie tensometrycznej "i" / $i=1,2,\dots,6$ /, przy czym każda rozeta ma "k" składowe tensometry / $k=1,2,3$ /.

Na podstawie wzorów (3) można ustalić odkształcenia główne i ich kierunki

$$\begin{aligned}\varepsilon_{1,2}^i &= \frac{\varepsilon_{11}^i + \varepsilon_{22}^i}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_{11}^i - \varepsilon_{22}^i)^2 + (\gamma_{12}^i)^2} \\ \operatorname{tg} 2\alpha_1 &= \frac{\gamma_{12}^i}{\varepsilon_{11}^i - \varepsilon_{22}^i}\end{aligned}\quad (4)$$



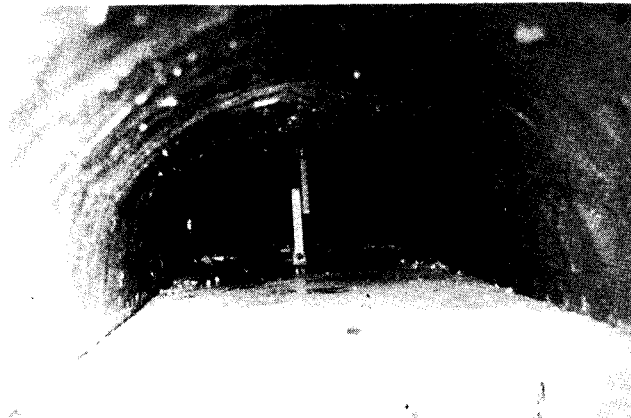
a) Schemat rozmieszczenia rozet tensometrycznych
 b) Schemat rozety tensometrycznej gwiazdnej

Rys.6. Schematy rozmieszczenia i konstrukcji rozet tensometrycznych

Na podstawie równań fizycznych dla ciała izotropowego można ustalić naprężenia główne

$$\begin{aligned} \max \sigma^i &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_1^i + \nu \epsilon_2^i) \\ \min \sigma^i &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_2^i + \nu \epsilon_1^i) \end{aligned} \quad (5)$$

Dla uproszczenia obliczeń przyjęto założenie o izotropii, z czego wynika stałość modułu sprężystości dla wszystkich kierunków. Przyjęto więc średnią wartość E , obliczoną np. według tabeli 1 dla półkolistego przekroju poprzecznego obudowy; $E = 3682 \text{ MPa}$, $\nu = 0,3$ - współczynnik Poissona. W przypadku obudów o przekroju poprzecznym w kształcie trapezowym zastosowano rozety typu "delta", stąd wzory (3) przyjmą nieco inną formę [6].



Rys.7. Widok wnętrza obudowy półkolistej z łatami do pomiaru przemieszczeń w trakcie obciążania

W tabelach 3 i 4 przedstawiono przykładowe wyniki badań dla półkolistego kształtu przekroju poprzecznego, kolejno dla czterech i pięciu warstw tkaniny szklanej /por. rys.6/.

Tabela 3

Wyniki badań obudów półkolistych o czterech warstwach tkaniny szklanej

Nr obudowy	Siła F kN	Wzajemne przemieszczenie Δf cm	Napężenia główne					
			Punkt 2		Punkt 4		Punkt 5	
			σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa
1	30	1,50	6,73	5,61	-2,02	-6,56	7,74	2,46
	60	2,85	9,35	6,69	-	-	9,35	-1,35
2	30	1,45	3,50	3,31	-2,31	-8,86	7,36	-0,35
	42	2,10	4,49	4,00	2,57	-13,30	8,73	-0,86
	48	2,30	4,82	4,17	2,36	-18,92	8,63	-1,08
	52	2,70	5,52	4,71	2,08	-26,71	8,30	-1,88
3	30	2,10	2,73	2,17	1,45	-14,81	25,81	2,91
	42	2,70	3,51	2,87	0,03	-24,61	26,47	1,88
	48	3,00	3,52	2,87	-0,29	-27,74	26,49	1,47
	54	3,55	4,41	3,99	-1,15	-37,24	26,10	0,08
4	30	1,55	5,47	3,38	1,19	-6,20	13,21	1,25
	42	2,00	6,16	3,64	0,97	-9,56	13,12	0,63
	48	2,10	6,25	3,65	0,87	-10,55	13,02	0,48
	54	2,50	7,22	4,14	0,36	-14,25	12,39	0,28

Tabela 4

Wyniki badań obudów półkolistych o pięciu warstwach tkaniny szklanej

Nr obudowy	Siła F	Wzajemne przemieszczenie Δf	Naprężenia główne					
			Punkt 2		Punkt 4		Punkt 5	
			σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}
kN	cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	
1	48	2,55	5,04	4,25	2,87	-4,52	17,86	0,00
	96	4,10	8,85	7,76	2,84	-16,41	20,07	-2,29
	144	-	14,52	13,57	18,24	3,41	21,12	-5,97
2	30	1,55	4,26	3,19	0,06	-7,33	10,80	-0,05
	60	2,80	4,86	3,77	0,21	-14,23	16,97	1,22
	84	3,50	5,04	4,09	0,24	-20,64	16,58	1,12
	90	3,80	5,31	4,35	0,76	-23,96	16,07	0,98
	96	4,00	5,43	4,54	1,23	-22,90	14,79	1,25
3	30	1,60	4,74	3,78	-0,07	-8,00	18,63	0,01
	60	4,10	7,54	5,72	3,71	-12,47	21,38	-2,01
	84	5,15	9,16	6,43	5,84	-14,27	20,79	-3,84
4	30	1,35	6,13	5,57	-1,25	-8,95	8,72	0,37
	60	2,70	7,99	7,93	-3,54	-22,73	12,71	-0,76
	84	3,60	11,06	9,75	-0,81	-26,45	12,47	-2,17
	90	3,90	11,47	10,12	1,28	-25,68	12,35	-2,65
	96	4,40	12,46	11,13	3,71	-23,90	12,20	-3,21
5	30	1,50	3,17	2,09	-0,26	-9,39	17,70	3,55
	60	2,85	5,67	3,67	-1,19	-21,25	24,94	3,86
	84	4,05	7,83	5,13	-0,94	-30,84	25,01	0,87
	90	4,40	8,20	5,57	-0,41	-32,92	24,72	-0,17
	96	5,90	9,28	6,50	-	-	24,54	-1,70

Z pomiarów obudów składających się z łupin o czterech warstwach maty szklanej wynika, że przy sile skupionej $F = 30$ kN - co odpowiada obciążeniu rozłożonemu $q = 32,89$ kN/m² - następowały przemieszczenia w przedziale $1,54 \pm 2,10$ cm. Przy tym obciążeniu mimo dość znacznego przemieszczenia nie zauważono żadnych zarysowań łupin. Powyższe obciążenie wywołało naprężenia normalne $\sigma = -14,81 \pm 25,81$ MPa. Przy sile $F = 54 \pm 60$ kN - co odpowiada obciążeniu rozłożonemu $q = 59,2 \pm 65,8$ kN/m² - zaznaczył się początek niszczenia /rysy wzdłużne/ przy wzajemnych przemieszczeniach ok. 3,0 cm /rys.8/.

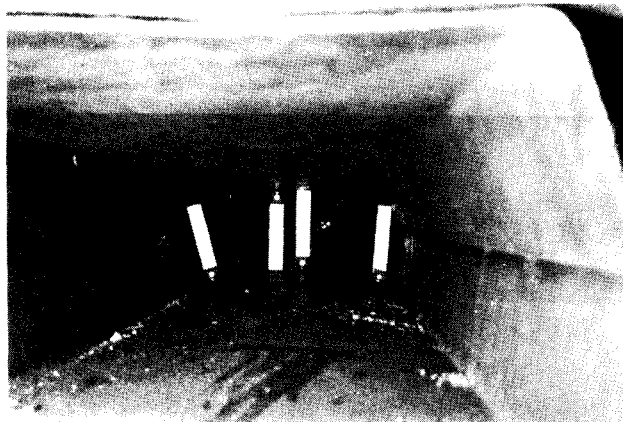


Rys.8. Wzdłużne rysy na górnej łupinie obudowy półkolistej

Po odciążeniu łupiny wracały do konfiguracji początkowej.

W przypadku obudów składających się z łupin o pięciu warstwach maty szklanej, przy sile $F = 30 \text{ kN}$ - co odpowiada obciążeniu rozłożonemu $q = 32,89 \text{ kN/m}^2$ - nastąpiło wzajemne przemieszczenie rzędu $1,35 + 1,60 \text{ cm}$. Przy tym obciążeniu nie zauważono żadnych zarysowań, ani innych uszkodzeń łupin. To obciążenie wywołało naprężenia normalne $\sigma = -9,39 + 18,63 \text{ MPa}$. Przy sile $F = 90 \text{ kN}$ / $q = 98,7 \text{ kN/m}^2$ / widoczne są zarysowania łupin, a wzajemne przemieszczenia wynoszą $4,0 + 5,9 \text{ cm}$. Przy sile $F = 144 \text{ kN}$ / $q = 157,9 \text{ kN/m}^2$ / następują pęknięcia przy wzajemnych przemieszczeniach rzędu $8 + 10 \text{ cm}$. Po odciążeniu, łupiny jednak wracały do konfiguracji początkowej.

Podobne badania przeprowadzono dla trapezowego kształtu przekroju poprzecznego [6]. Przy sile $F = 22 \text{ kN}$ / $q = 20,2 \text{ kN/m}^2$ / następowało przemieszczenie rzędu $1,60 \text{ cm}$ / rys.9/, a przy obciążeniu $F = 120 \text{ kN}$ / $q = 131,6 \text{ kN/m}^2$ / nastąpiło tak duże przemieszczenie, że łupiny: górna i dolna na wskutek "wybrzuszenia" zetknęły się ze sobą. Po odciążeniu, łupiny wróciły do kształtu początkowego /po upływie ok. 1 godziny/.



Rys.9. Widok wnętrza obudowy trapezowej w trakcie obciążania

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone pomiary odkształceń i przemieszczeń oraz poczynione obserwacje zachowania się materiału łupin podczas obciążenia pozwalają ustalić bezpieczne, maksymalne obciążenia:

- 1/ obudowy o trapezowym kształcie przekroju poprzecznego
 - $q = 20 + 25 \text{ kN/m}^2$ dla łupin o czterech warstwach maty szklanej
 - $q = 25 + 30 \text{ kN/m}^2$ dla łupin o pięciu warstwach maty szklanej
- 2/ obudowy o półkolistym kształcie przekroju poprzecznego
 - $q = 30 + 40 \text{ kN/m}^2$ dla łupin o czterech warstwach maty szklanej
 - $q = 35 + 50 \text{ kN/m}^2$ dla łupin o pięciu warstwach maty szklanej

Z powyższych rozważań wynika, że półkolisty kształt przekroju poprzecznego charakteryzuje się lepszymi parametrami wytrzymałościowymi. Pewnym mankamentem tych rozwiązań jest stosunkowo mała sztywność /duże przemieszczenia/. Znaczne przemieszczenia łupin obudowy z tworzyw sztucznych mogą przyczynić się do utraty wodoszczelności lub spowodować kompresję izolacji termicznej. Należy zatem poszukiwać lepszych rozwiązań na drodze optymalizacji kształtu łupin, zmiany grubości ścianek itp. oraz przeprowadzić ponowne badania.

5. LITERATURA

- [1] Dzieweczyński P., Klugiewicz J.: Badania bezkanałowych sieci cieplnych w zakresie wodoszczelności i właściwości cieplnych /w niniejszym zeszycie/
- [2] Dzieweczyński P., Klugiewicz J.: Przegląd konstrukcji bezkanałowych sieci cieplnych /w niniejszym zeszycie/
- [3] Polski Komitet Normalizacyjny: Tworzywa sztuczne. Oznaczenie cech wytrzymałościowych przy statycznym rozciąganiu. PN-81/C-89034
- [4] Polski Komitet Normalizacyjny: Tworzywa sztuczne. Oznaczenie modułu sprężystości przy rozciąganiu, ścisaniu i zginaniu. PN-82/C-89051
- [5] Polski Komitet Normalizacyjny: Tworzywa sztuczne. Oznaczenie wytrzymałości na zginanie. PN-69/C-89027
- [6] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania prototypowych odcinków rurociągu cieplnego wykonanych według nowej technologii /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983
- [7] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania wytrzymałościowe obudowy ciepłociągów z tworzywa TWS /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983

INVESTIGATION INTO HEAT DISTRIBUTION CANALLESS NETWORK
AS REGARDS STRENGTH FACTORY OF PLASTIC LINING

Summary

The paper includes the results of strength tests of plastic shells which are applied in heat distribution canalless networks. Particularly, components of the state of stress and displacement were examined.

ПРОСМОТР БЕЗКАНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЮ ПРОВЕРКИ ПРОЧНОСТИ ОБДЕЛКИ ИЗ ПЛАСТМАССОВЫХ ОБЛОЧЕК

Резюме

В работе представлены результаты исследования прочности пластмассовых оболочек /применяемых в безканальных тепловых сетях/. Особенно были исследованы составные напряженного состояния и перемещения.

Piotr Dzieweczyński

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA SPRAWNOŚĆ TERMICZNA SIECI CIEPLNYCH

Przeprowadzono analizę wpływu wybranych czynników na sprawność termiczną sieci ciepłej. Wykonano wzory na sprawność termiczną pojedynczego przewodu oraz skuteczność izolacji przewodu. Przeanalizowano, dla wybranych parametrów takich jak prędkość przepływu, średnica przewodu i grubość izolacji o określonym współczynniku przewodności cieplnej, ich wpływ na wartość sprawności termicznej i skuteczności izolacji. Wyniki obliczeń zilustrowano na wykresach. Z rozważań wynika, że silny wpływ na wymienione wielkości ma średnica przewodu i prędkość przepływu. Oznacza to konieczność unikania zbyt małych prędkości przepływu w przewodach sieci ciepłych.

1. WSTĘP

Racjonalne gospodarowanie energią w systemach ciepłowniczych polega na: oszczędnym jej zużyciu przez odbiorców, zmniejszaniu strat w miejscu wytwarzania /centrale ciepłe/ oraz na trasie przesyłania sieciami ciepłymi. Zmniejszanie strat w centralach i sieciach ciepłych jest możliwe przez stosowanie lepszych konstrukcji kotłów i sieci oraz właściwą eksploatację, co wpływa na zwiększenie ich sprawności termicznych.

Obecnie, w nowoczesnych centralach, osiągane sprawności wytwarzania energii cieplnej dla potrzeb komunalnych mieszczą się w przedziale 70-85% przy najniższych temperaturach powietrza zewnętrznego. Średnia roczna wynosi 50-60% [2].

Rozwój miast stwarza konieczność przesyłania energii cieplnej na znaczne odległości, powodując jej straty. Obniża to oczywiście sprawność termiczną całego systemu ciepłowniczego. Według danych literaturowych [3, 5] sprawność przesyłania ciepła sieciami wynosi 80-95%. Sprawność ta zależy od wielu czynników, wśród których można wymienić: skuteczność cieplną izolacji, temperaturę czynnika grzewczego oraz sposób prowadzenia przewodów.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wpływu wybranych czynników na sprawność termiczną sieci ciepłych.

2. ZASTOSOWANE OZNACZENIA

W równaniach przedstawionych w artykule zastosowano następujące oznaczenia:

C_p	- ciepło właściwe wody, $\frac{J}{kg \cdot K}$
d_{wi}	- wewnętrzna średnica rury i-tego odcinka, m
d_{zi}	- zewnętrzna średnica konstrukcji izolacji termicznej i-tego odcinka, m
d_{i+1}, d_i	- średnice ograniczające grubość warstwy w konstrukcji izolacji, m
g	- grubość warstwy izolacji, mm
\dot{G}	- strumień czynnika grzewczego, $\frac{kg}{s}$
h	- zagłębienie w gruncie osi przewodu, m
i	- i-ty odcinek sieci cieplnej
j	- j-ty odbiorca ciepła
k	- k-ty odcinek sieci w ciągu przewodów między centralą a odbiorcą
k_i	- współczynnik przenikania ciepła dla jednostkowej długości przewodu izolowanego, $\frac{W}{m \cdot K}$
k_n	- współczynnik przenikania ciepła dla przewodu nieizolowanego, $\frac{W}{m \cdot K}$
l	- liczba odcinków w ciągu między centralą i odbiorcą
l	- długość odcinka sieci cieplnej, m
m	- liczba odbiorców ciepła
n	- liczba odcinków przewodów w sieci cieplnej
r	- liczba warstw materiałów w konstrukcji izolacji
R_w	- opór przejmowania ciepła wewnątrz rury, $\frac{m \cdot K}{W}$
R_p	- opór przewodzenia ciepła, $\frac{m \cdot K}{W}$
R_z	- opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni konstrukcji lub opór warstwy gruntu, $\frac{m \cdot K}{W}$
T_i, T_{i+1}	- temperatury czynnika grzewczego, K
T_o	- temperatura powietrza zewnętrznego, K
w	- prędkość przepływu czynnika grzewczego, $\frac{m}{s}$
α	- współczynnik przejmowania ciepła, $\frac{W}{m \cdot K}$
$\lambda_{i,g}$	- współczynnik przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego lub gruntu, $\frac{W}{m \cdot K}$
η_t	- sprawność termiczna sieci cieplnej, odcinka lub ciągu przewodów izolowanych
η_o	- skuteczność izolacji

- \dot{Q}_c - moc cieplna centrali cieplnej, W
 \dot{Q}_o - moc cieplna przekazana odbiorcy, W
 \dot{Q}_s - moc cieplna stracona, W
 \dot{Q}_{si} - moc cieplna stracona przez przewód izolowany, W
 \dot{Q}_{sn} - moc cieplna stracona przez przewód nieizolowany, W

3. SPRAWNOŚĆ TERMICZNA SIECI CIEPLNYCH

W sieciach cieplnych sprawność termiczna jest definiowana [2] jako stosunek mocy cieplnej przekazanej odbiorcom do tej, jaką wytworzono w centrali cieplnej, co można zapisać wzorem

$$\eta_t = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \dot{Q}_{oj}}{\dot{Q}_c} \quad (1)$$

słusznym dla dowolnego układu sieci.

Moc cieplną wytworzoną w centrali określa suma

$$\dot{Q}_c = \sum_{j=1}^{j=m} \dot{Q}_{oj} + \sum_{i=1}^{i=n} \dot{Q}_{si} \quad (2)$$

Obliczając z równania 2 moc cieplną pobraną przez odbiorców i podstawiając do wzoru 1 otrzymano

$$\eta_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \dot{Q}_{si}}{\dot{Q}_c} \quad (3)$$

Sprawność termiczna dowolnego ciągu przewodów łączących centralę cieplną z odbiorcą jest iloczynem sprawności poszczególnych jego odcinków.

$$\eta_t = \prod_{k=1}^{k=1} \eta_{tk} \quad (4)$$

W celu oceny wpływu wybranych czynników na sprawność termiczną sieci można ograniczyć się do jednego odcinka przewodów.

Dla przedstawionego na rysunku 1 odcinka zaizolowanego przewodu sieci cieplnej słuszne są następujące zależności:

$$\dot{Q}_i = \dot{G}_i \cdot C_p \cdot T_i \quad (5)$$

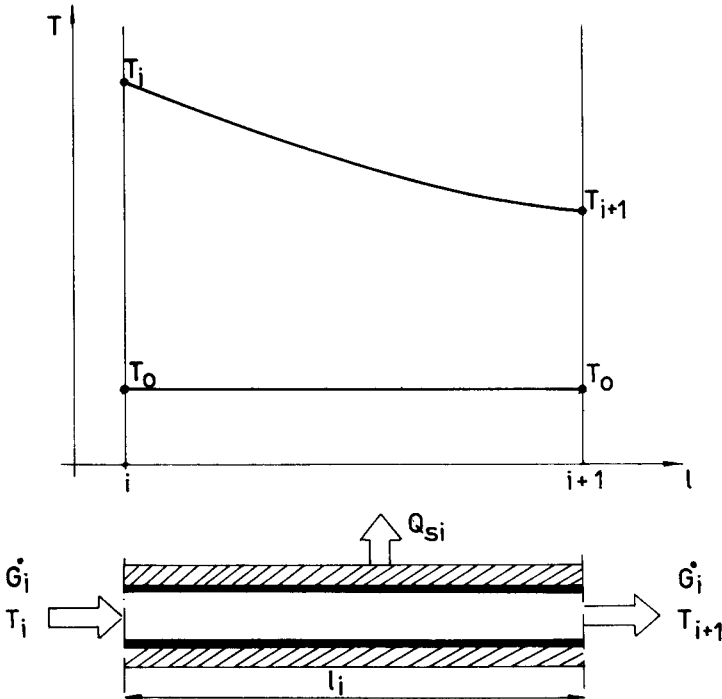
$$\dot{Q}_{i+1} = \dot{G}_i \cdot C_p \cdot T_{i+1} \quad (6)$$

gdzie strumień przepływającego nim czynnika grzewczego wyrażony jest wzorem

$$\dot{G}_i = \frac{\pi}{4} d_{wi}^2 \cdot w_i \cdot \rho_i \quad (7)$$

oraz

$$\dot{Q}_{si} = k_i \cdot l_i \cdot \frac{T_i - T_{i+1}}{\ln \frac{T_i - T_o}{T_{i+1} - T_o}} \quad (8)$$



Rys.1. Zmiana temperatury czynnika grzewczego na i-tym odcinku przewodu

Współczynnik przenikania ciepła k_i dla przewodu o jednostkowej długości określa znany wzór

$$k_i = \frac{1}{R_{wi} + R_{pi} + R_{zi}} \quad (9)$$

gdzie:

$$R_{wi} = \frac{1}{\pi_{wi} \cdot d_{wi}} \quad (10)$$

$$R_{pi} = \sum_{j=1}^{j=r} \frac{1}{2\pi\lambda_{ij}} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \quad (11)$$

$$R_{zi} = \frac{1}{\pi\alpha_{zi} \cdot d_{zi}} \quad (12)$$

dla przewodu izolowanego prowadzonego nad poziomem terenu oraz

$$R_{zi} = \frac{1}{2\pi\lambda_{gi}} \ln \frac{4h_i}{d_{zi}} \quad (13)$$

w przypadku prowadzenia go w gruncie na głębokości h_i .

Sprawność termiczna odcinka pojedynczego przewodu wyrazi się wzorem

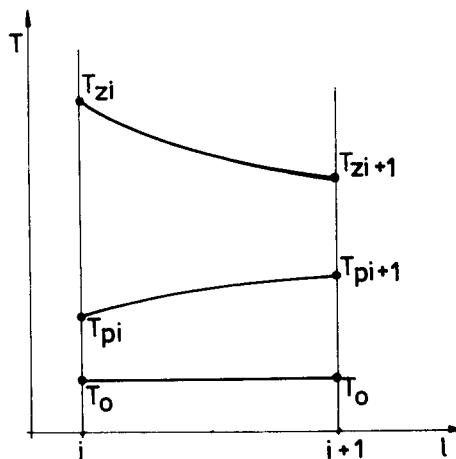
$$\eta_{ti} = \frac{T_{i+1}}{T_i} \quad (14)$$

który po wykorzystaniu równań (5), (6), (8) przyjmie następującą postać

$$\eta_{ti} = \frac{(T_i - T_o) \exp\left(-\frac{k_i \cdot l_i}{G_i \cdot C_p}\right) + T_o}{T_i} \quad (15)$$

Uwzględniła ona temperaturę czynnika na początku odcinka, powietrza otaczającego i cechy konstrukcyjno-eksploatacyjne sieci.

W systemach ciepłowniczych najczęściej stosowane są dwuprzewodowe sieci ciepłne. W takim przypadku należy uwzględnić schłodzenie czynnika w obu przewodach odcinka /rys.2/.



Rys.2. Zmiana temperatury czynnika grzewczego w przewodzie zasilającym i powrotnym na i-tym odcinku sieci ciepłnej

Sprawność termiczna odcinka wyrazi się wzorem

$$\eta_{ti} = \frac{(T_{zi} - T_o) \exp\left(-\frac{k_{zi} \cdot l_i}{G_i \cdot C_p}\right) - (T_{pi} - T_o) \exp\left(-\frac{k_{pi} \cdot l_i}{G_i \cdot C_p}\right)}{T_{zi} - T_{pi}} \quad (16)$$

Efekty termiczne izolowania przewodów określa skuteczność izolacji [2, 3] zwana też współczynnikiem oszczędności ciepła [5] wyrażona wzorem

$$\eta_o = \frac{q_{sn}^* - q_{si}^*}{q_{sn}^*} \quad (17)$$

Wykorzystując wzór (8) w odniesieniu do strumieni ciepła traconych przez przewód nieizolowany i izolowany, a także (5) i (6) zależność (17) określająca skuteczność zastosowanej izolacji daje się przedstawić w postaci

$$\eta_o = \frac{\exp\left(-\frac{k_i \cdot l}{G \cdot C_p}\right) - \exp\left(-\frac{k_n \cdot l}{G \cdot C_p}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{k_n \cdot l}{G \cdot C_p}\right)} \quad (18)$$

Wzór ten uwzględnia parametry konstrukcyjne i eksploatacyjne sieci ciepłej, natomiast pomija wpływ temperatur czynnika grzewczego i otaczającego powietrza.

Zależności określające sprawność termiczną i skuteczność izolacji stanowią podstawę do oceny wpływu niektórych parametrów na ich wartości.

4. WYNIKI OBLICZEŃ

Korzystając ze wzoru (15) na sprawność termiczną η_t i wzoru (18) na skuteczność izolacji η_o obliczono ich wartości dla pojedynczego przewodu sieci ciepłej bezkanałowej w obudowie cylindrycznej ułożonej w gruncie.

Występujące w wymienionych wzorach wielkości zmieniano w granicach:

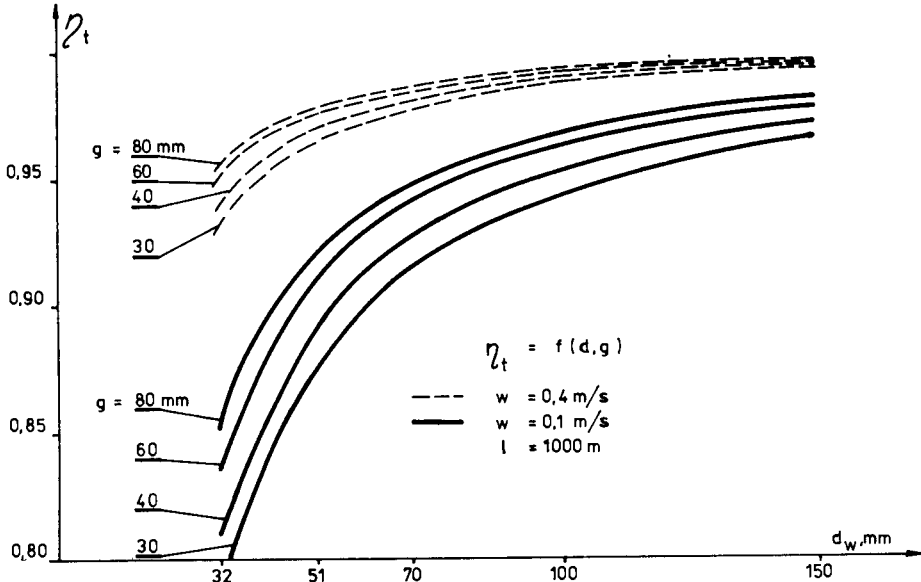
- średnice przewodu $d_w = 32 \pm 150$ mm
- grubości izolacji $g = 30 \pm 100$ mm
- prędkości przepływu czynnika $w = 0,1 \pm 1,6$ m/s
- długość odcinka $l = 100 \pm 1000$ m

Temperaturę wody przepływającej przewodem przyjęto według wytycznych FIGPE [6] dla IV strefy klimatycznej w wysokości $T_1 = 423$ K /150°C/, co odpowiada najniższej obliczeniowej temperaturze otoczenia $T_o = 253$ K /-20°C/.

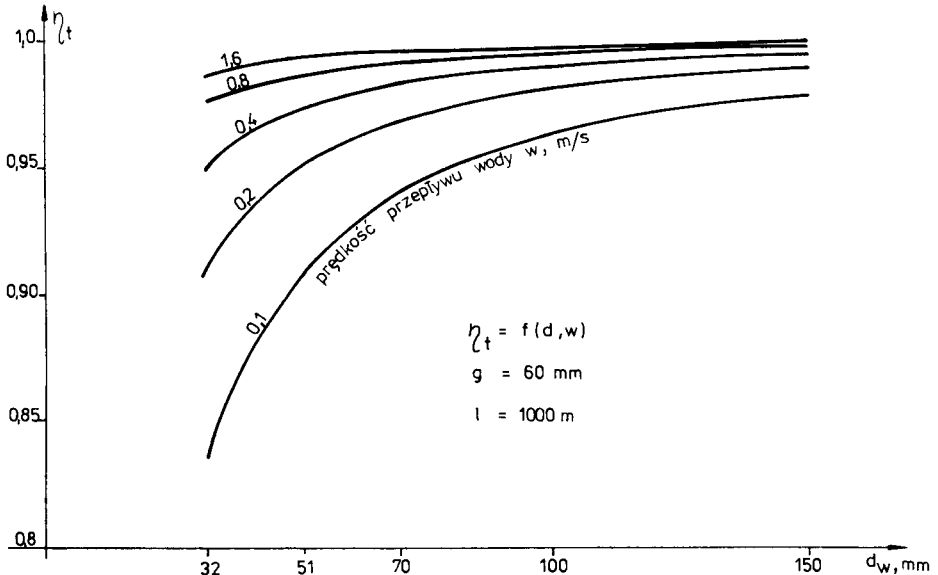
Potrzebne wartości współczynników przewodzenia ciepła przyjęto z literatury [1, 4] i wynoszą one: dla gruntu $\lambda_g = 1,04 \frac{W}{m \cdot K}$, wełny mineralnej $\lambda_i = 0,04 \frac{W}{m \cdot K}$. Założono zagłębienie osi przewodu w gruncie równe $h = 1,0$ m.

Przy obliczaniu wartości współczynników przenikania ciepła pomijano, wobec małego ich wpływu, opory przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przewodu, przewodzenia dla ścianki rury i obudowy konstrukcji sieci cieplnej.

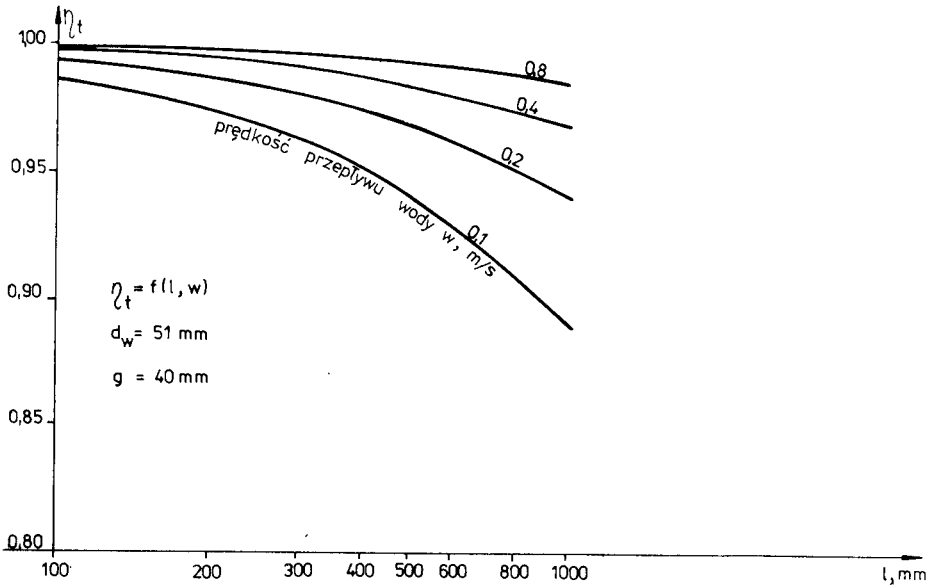
Wyniki obliczeń sprawności termicznej η_0 sieci cieplnej przedstawiono na rysunkach 3 - 5.



Rys.3. Wpływ grubości warstwy izolacji termicznej i średnicy przewodu na sprawność termiczną



Rys.4. Wpływ prędkości przepływu czynnika i średnicy przewodu na sprawność termiczną



Rys.5. Wpływ prędkości przepływu czynnika i długości odcinka na sprawność termiczną

Ilustrują one wpływ na powyższą wielkość czynników takich jak: prędkość przepływu wody grzewczej, grubość izolacji i długość przewodu dla zmieniających się średnic rur.

Na rysunku 6 przedstawiono wartości skuteczności izolacji η_o dla różnych średnic przewodu i prędkości przepływu czynnika grzewczego.

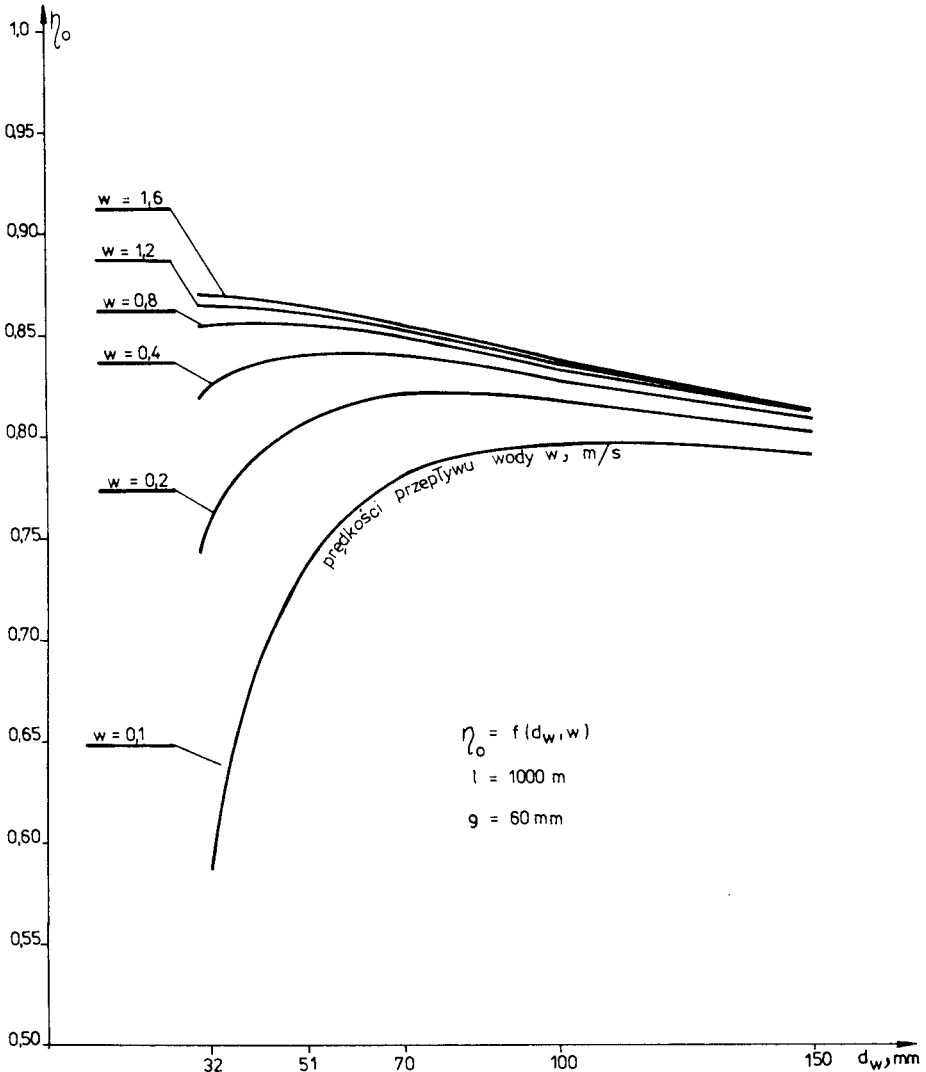
5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule wzory pozwalają na ocenę wpływu wybranych parametrów na sprawność termiczną sieci ciepłych oraz skuteczność zastosowanej izolacji przewodów. Na podstawie wykonanych obliczeń ich wartości dla odcinka pojedynczego przewodu izolowanego można sformułować następujące wnioski:

- sprawność termiczna rośnie wraz ze wzrostem grubości izolacji, średnicy przewodu i prędkości przepływu czynnika /rys.3, 4/,
- wzrost długości odcinka przewodu powoduje obniżenie sprawności termicznej /rys.5/,
- skuteczność izolacji osiąga wyższe wartości dla większych prędkości przepływu czynnika /rys.6/,
- istnieje maksymalna skuteczność dla określonej średnicy przewodu i grubości izolacji przy pewnej prędkości przepływu czynnika /rys.6/.

Przeprowadzona analiza uzyskanych wyników obliczeń wskazuje, że jakość izolacji określana jej oporem cieplnym oraz wielkość strumienia czynnika grzewczego przepływającego przewodem ma decydujący wpływ na wartość

osiąganych sprawności termicznych. Ważny jest więc dobór właściwej izolacji termicznej i prędkość przepływu czynnika, szczególnie na końcowych odcinkach sieci ciepłnych.



Rys.6. Wpływ prędkości przepływu czynnika i średnicy przewodu na skuteczność izolacji termicznej

6. LITERATURA

- [1] Chmielnicki W.J.: Nowe sposoby izolacji przewodów sieci ciepłnych oraz metody ich badania. Nowa technika w inżynierii sanitarnej, z.10, Arkady, Warszawa 1979

- [2] Kamler W.: Ciepłownictwo. PWN, Warszawa 1979
- [3] Kwiatkowski J., Cholewa L.: Centralne ogrzewanie. Pomoce projektanta. Arkady, Warszawa 1980
- [4] Tymczasowe warunki techniczne stosowania włóknistych materiałów termoizolacyjnych w ciepłownictwie. COW 1979, nr 6
- [5] Weber A.P.: Centralne ogrzewania wodne. Arkady, Warszawa 1975
- [6] Wytyczne ustalania temperatur wody w źródłach ciepła i sieciach ciepłych. PIGPE, PZITS, Warszawa 1975

EFFECT OF SELECTED FACTORS ON HEAT EFFICIENCY
OF DISTRIBUTION NETWORKS

Summary

There was made an analysis of the effect of selected factors on heat efficiency of distribution networks. Formulae of a separate pipe heat efficiency as well as insulation efficiency were introduced. There was analysed the effect of such parameters as: flow velocity, pipe diameter and insulation thickness of a definite thermal conductivity on thermal efficiency of the insulation. The results of calculations are presented in diagrams. It follows from the investigation that a pipe diameter and flow velocity have a considerable effect on efficiency. It means that too low flow velocity should be avoided in heat distribution networks.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРАННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕРМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ
ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОСЕТИ

Резюме

Проведен анализ некоторых факторов на термический коэффициент полезного действия. Выведена формула на термический коэффициент полезного действия одной сети, а также эффективность изоляции сети. Проанализировано для некоторых параметров таких как скорость протекания, диаметра канала и толщина изоляции с определенным коэффициентом теплопроводности, их влияние на величину термического коэффициента полезного действия и на эффективность изоляции. Результаты представлены на диаграммах. Из вышепредставленного вытекает, что сильное влияние на представленные величины имеет диаметр канала и скорость течения. Это означает необходимость отказа от чересчур небольшого течения в каналах теплосети.

Jan Klugiewicz
Piotr Dzieweczyński

NOWA KONSTRUKCJA BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH W OBUDOWIE Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Zaproponowano nową konstrukcję bezkanałowych sieci ciepłych w zmodyfikowanej obudowie z tworzywa z włóknem szklanym. Charakterystyczną jej cechą są sfałdowania występujące w przekroju podłużnym powodujące wzmocnienie obudowy, a jednocześnie stanowiące elementy połączenia poszczególnych odcinków. Przedstawiono także propozycje konstrukcji podpór stałych i przesuwnych.

1. WSTĘP

Na podstawie analizy wielu konstrukcji bezkanałowych ciepłociągów stosowanych za granicą uznano, że spośród nich istnieją rozwiązania interesujące, lecz trudne są do wdrożenia w obecnych warunkach Polski ze względu na istotne bariery materiałowe i technologiczne.

Badania [4, 5] nad konstrukcjami Bydgoskiego Przedsiębiorstwa Budownictwa Inżynieryjnego umożliwiły ustalenie ich mankamentów i zalet - zwłaszcza w porównaniu z powszechnie stosowanymi w kraju sieciami ciepłymi w kanałach żelbetowych [2].

Biorąc powyższe pod uwagę należy uznać za uzasadnione poszukiwania nowych, korzystniejszych rozwiązań konstrukcyjnych bezkanałowych sieci ciepłych.

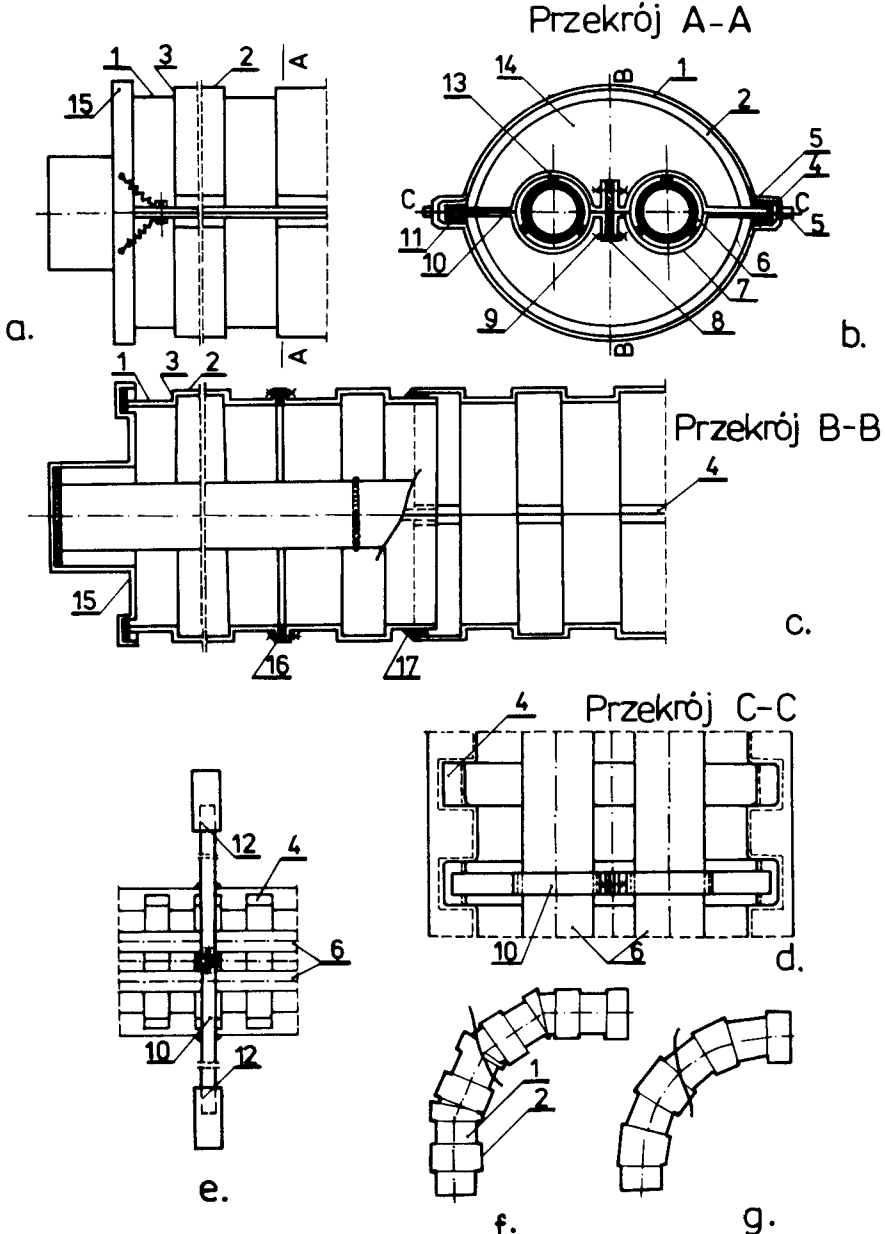
Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie nowej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowie z tworzyw sztucznych.

2. OPIS NOWEJ KONSTRUKCJI

Prezentowaną konstrukcję bezkanałowych sieci ciepłych zilustrowano na rysunku 1 w widokach i przekrojach charakterystycznych elementów.

Zewnętrzna obudowa z tworzyw sztucznych tworzą dwie identycznie wyprofilowane łupiny /dolna i górna/, które w przekroju poprzecznym mają kształt łukowy, natomiast w przekroju podłużnym stanowią sfałdowania zbliżone kształtem do prostokątnych, o wysokości nieco większej od grubości ścianek łupin. Sfałdowania tworzą obręcze niższe /1/ i obręcze wyższe /2/,

które na pionowych krawędziach połączone są za pośrednictwem ścianek /3/. Poziome krawędzie łupin są odgięte na zewnątrz w celu uformowania kołnierzy. Obręcze wyższe /2/ z łuku wchodzi częściowo na kołnierze w taki sposób, że powstają nische /4/ o głębokości większej od grubości ścianek łupin. Kołnierze na przeciw obręczy niższych /1/ i skrajne listwy /5/ mają powierzchnie płaskie.



Rys.1. Schematy elementów nowej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowie z tworzyw sztucznych

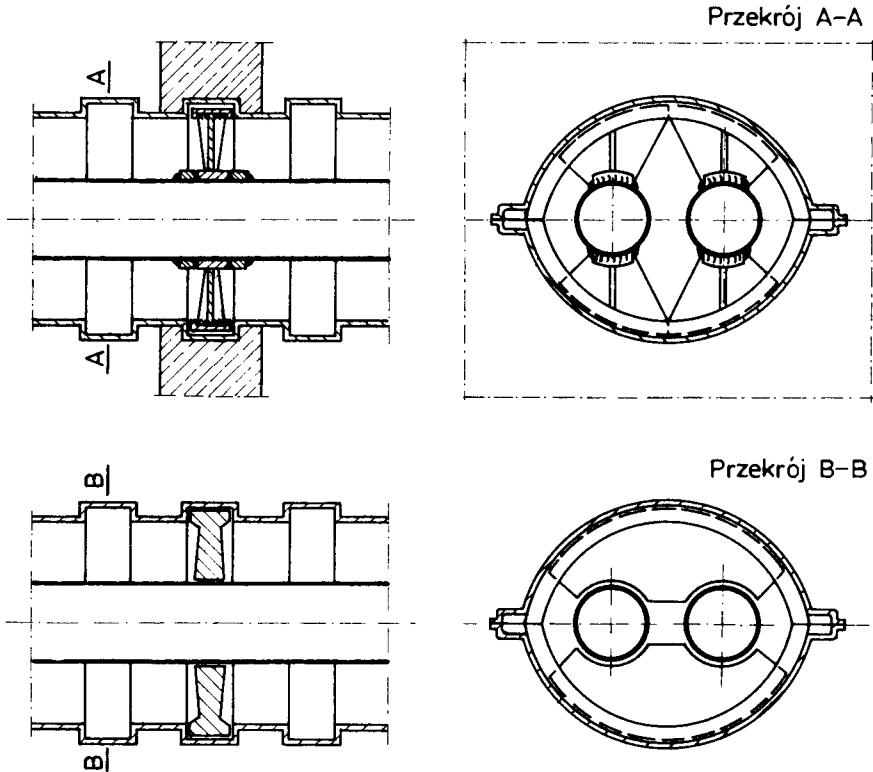
Wewnątrz obudowy /rys.1b-e/ umieszczone są rury /6/ na podporach wewnętrznych /przesuwnych i nieprzesuwnych/ oraz na podporach zewnętrznych nieprzesuwnych. Podpory składają się z obejm /7/ połączonych w środku poprzez termiczne izolatory /8/ za pomocą śrub lub nitów /9/, po bokach obejm mają ramiona /10/. W podporach wewnętrznych na końcach ramion /10/ znajdują się izolujące termicznie nasuwki /11/, które osadzone są w niszach /4/. W podporach zewnętrznych /rys.1e/ ramiona /10/ po zaizolowaniu termicznym wyprowadzone są z nisz /4/ poza listwy /5/ na zewnątrz obudowy aż do bloków oporowych /12/. Obejmy podpór nieprzesuwnych są zespolone z rurami /6/, natomiast podpór przesuwnych mają ograniczoną swobodę wzdłużnego przesuwu po ceowych nakładkach /13/ zamocowanych środnikiem do rur /6/. Łuki na trasie rurociągu mogą być wykonane z segmentów /rys.1f/ wyciętych skośnie z prostego odcinka w taki sposób, aby każdy był zakończony bosym końcem i kielichem, lub można także stosować prefabrykowane kolana /rys.1g/. Rury /6/ oraz izolacja termiczna /14/ wykonanego prefabrykatu lub odcinka sieci są chronione przed zawilgoceniem i zanieczyszczeniem za pomocą pokryw /15/ zakładanych na końcówki. Połączenie różnych odcinków obudowy można uzyskać za pomocą złącz kołnierzowych /16/ po uprzednim odcięciu obręczy wyższych /2/ przed ściankami /3/ oraz za pomocą złącz kielichowych /17/, w których bosy koniec stanowi obręcz niższa /1/, zaś kielich obręcz wyższa /2/. W tym ostatnim połączeniu obręcz niższa /1/ wchodzi do obręczy wyższej /2/, natomiast na kołnierzach wchodzi po dwie nałożone na siebie ścianki płaskiej części kołnierza do nisz /4/ o wysokości nieco większej od podwójnej grubości ścianek, gdyż tworzą je dolna i górna łupina po symetrycznym nałożeniu na siebie.

W przedstawionej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych przewiduje się także inne rozwiązania podpór stałych i przesuwnych, a między innymi przedstawione przykładowo na rysunku 2.

3. UWAGI KOŃCOWE

Nowa konstrukcja bezkanałowych sieci ciepłych dostosowana jest do różnego rodzaju izolacji termicznej, którą mogą być materiały włókniste lub pianki. Montaż takich sieci może odbywać się w całości na budowie lub z wykorzystaniem przygotowanych w wytwórni prefabrykowanych odcinków. Zaprojektowane profilowanie łupin zapewnia im dużą wytrzymałość i sztywność oraz mały ciężar. Ponadto istnieje możliwość uzyskania złącz kielichowych lub kołnierzowych, a połączenia odcinków różnej długości nie powodują strat na odpady materiałowe. Produkcja łupin odbywa się na formach [3] metodą laminowania żywicami poliestrowymi /np. Polimal-109/ włókna lub tkaniny szklanej. Do uszczelniania szczelin i sklejania elementów stosuje się żywice oraz zaciski i śruby zapewniające odpowiedni docisk. Wdrożenie do praktyki zaproponowanej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych powinno przynieść duże korzyści naszej gospodarce. Szczególną przydatność tej konstrukcji przewiduje się na obszarach podtapianych, gdzie stosowanie trady-

cyjnych kanałów [2] budzi istotne wątpliwości, jednak przed wdrożeniem do praktyki konieczne jest przeprowadzenie badań.



Rys.2. Schemat podpory stałej i przesuwnej

4. LITERATURA

- [1] Dzieweczyński P., Klugiewicz J.: Przegląd konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych /w niniejszym zeszycie/
- [2] Kamler W.: Ciepłownictwo. PWN, Warszawa 1980
- [3] Klugiewicz J.: Formy do produkcji łupin nowej konstrukcji bezkanałowych sieci ciepłych w obudowie z tworzyw sztucznych /w niniejszym zeszycie/
- [4] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania prototypowych odcinków rurociągu ciepłego wykonanych według nowej technologii /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983
- [5] Praca zbiorowa /red. J. Klugiewicz/: Badania wytrzymałościowe obudowy ciepłociągów z tworzywa TWS /praca niepublikowana/. ATR, Bydgoszcz 1983

A NEW CONSTRUCTION OF HEAT DISTRIBUTION CANALLESS NETWORKS
IN PLASTIC LINING

Summary

There is suggested a new construction of heat distribution canalless networks in a modified glass reinforced plastic lining. The lining is characterized by folding occurring in the longitudinal section reinforcing it and, at the same time, enabling the connection of individual sections. Suggestions for the construction of fixed and slidable bearings are presented as well.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ БЕСКАНАЛОВОЙ ТЕПЛОСЕТИ В ПЛАСТМАССОВОЙ ОБДЕЛКЕ

Резюме

Представлена новая конструкция бесканаловой теплосети в модифицированной обделке из пластмасс со стекловолокном. Ее характерное свойство - это волнистость, выступающая в продольном сечении вызывающем упрочнение обделки и одновременно являющаяся элементом соединения отдельных участков. Также представлены предложения конструкции неподвижных и подвижных опор.

Jan Klugiewicz

FORMY DO PRODUKCJI ŁUPIN NOWEJ KONSTRUKCJI
BEZKANALOWYCH SIECI CIEPLNYCH
W OBUDOWIE Z TWORZYW SZTUCZNYCH

W artykule podano informacje o sposobie wykonania form do produkcji łupin z tworzyw sztucznych z włóknem szklanym dla bezkanałowych sieci cieplnych. Omówiono sposób wykonania odpowiedniego profilu formy. Przewidziano możliwość zastosowania formy wypukłej lub wklęsłej. Podano także w skrócie metodę wykonania łupin na formie.

1. WSTĘP

Celem pracy jest przedstawienie form, na których mogą być produkowane łupiny dla nowej konstrukcji bezkanałowych sieci cieplnych [1] metodą laminowania żywicami poliestrowymi włókna lub tkanin szklanych. Formy te umożliwiają odtworzenie na łupinach wszystkich przewidzianych kształtów [1], a ponadto utworzenie dodatkowych ścianek służących dla otrzymania wod szczelnych kołnierzy wzdłuż obudowy sieci cieplnych.

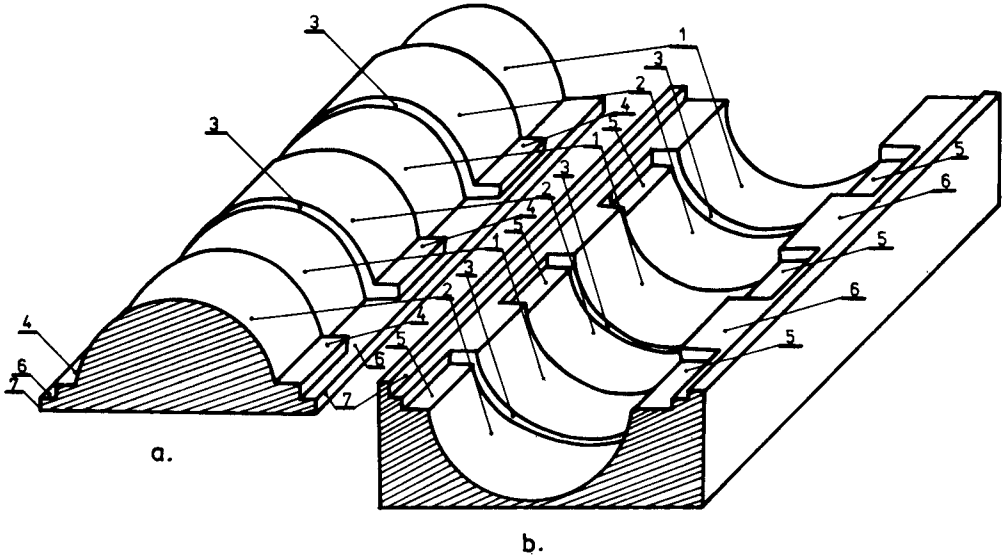
2. KONSTRUKCJA FORM

Formy do produkcji łupin z tworzyw sztucznych mogą być wypukłe /rys.1a/ lub wklęsłe /rys.1b/. Przy stosowaniu formy wypukłej wymiary jej powinny być takie, jak wymiary łupiny od wewnętrznej strony obudowy. Stosując formę wklęsłą należy wymiary elementów profilowania powiększyć o grubość ścianki produkowanych łupin obudowy.

Formy wypukłe i wklęsłe w przekroju poprzecznym mają łukowe powierzchnie, zaś w przekroju podłużnym sfałdowania zbliżone kształtem do prostokątnych, o wysokości wynoszącej co najmniej jedną grubość ścianki łupin, które tworzą obręcz niższe /1/ i obręcz wyższe /2/ połączone krawędziami za pośrednictwem pionowych ścianek /3/. Formy na jednym końcu posiadają obręcz niższe /1/, a na drugim końcu posiadają obręcz wyższe /2/. Na wzdłużnych kołnierzach forma jest także wyprofilowana, gdyż obręcz wyższa /2/ jest tam poziomo odgięta i zakończona. To profilowanie na formie

wypukłej uzyskuje się przez zastosowanie prostokątnych nakładek /4/ o grubości co najmniej jak jedna grubość ścianki łupiny, natomiast na formie wklęsłej uzyskuje się przez zastosowanie prostokątnych nisz /5/ o głębokości co najmniej jak dwie grubości ścianki łupiny obudowy.

Pozostałe poziome powierzchnie /6/ na skrajach kołnierzy wzdłużnych są ograniczone prostopadłymi ściankami /7/, których wysokość stanowi co najmniej jedną grubość ścianki łupiny - gdy stosuje się formę wypukłą oraz dwie grubości ścianki łupiny przy stosowaniu formy wklęsłej.



Rys.1. Formy do produkcji łupin z tworzywa TWS

3. WYBRANE ZAGADNIENIA O STOSOWANIU FORM I MONTAŻU OBUDÓW

Wytwarzanie łupin na formach wypukłych /rys.2a/ lub wklęsłych /rys.2b/ polega na układaniu włókna lub mat szklanych ze starannym ubijaniem i nasycaniem ich żywicami poliestrowymi z komponentami /np. Polimal-109 + utwardzacz + przyspieszacz/. Przy produkcji można stosować jeden typ formy, bowiem na każdej z nich wytwarza się łupiny przeznaczone na dolną i górną część obudowy.

Dzięki identyczności kształtów łupin unika się licznych pomyłek, które mogą powstawać w różnych etapach od produkcji do montażu, gdyby dolna i górna część obudowy posiadały różne cechy.

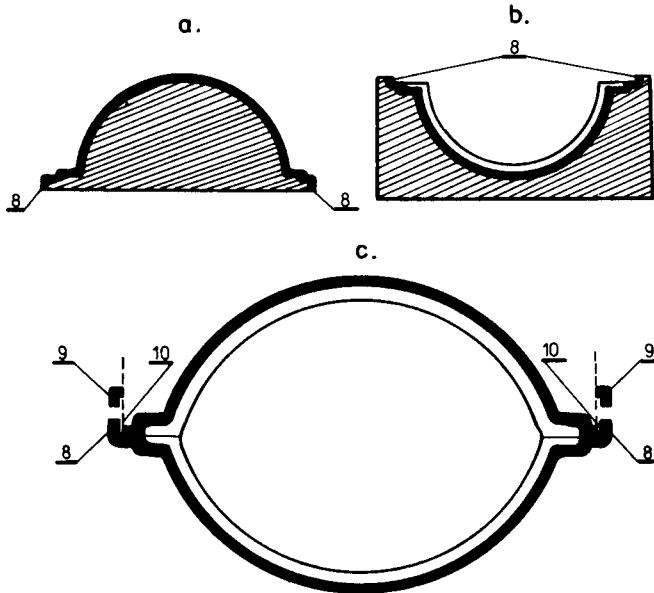
Zastosowanie na prezentowanych formach prostopadłych ścianek /7/ umożliwia wytwarzanie łupin z dodatkowymi krawędziami /8/, które podczas montażu /rys.2c/ należy pozostawić w łupinach dolnych, natomiast od górnych odciąć w postaci listew /9/. Przez to powstają szczeliny /10/ dla wypełnienia ich ciekłą żywicą poliestrową i uzyskania wodoszczelności połą-

część wzdłużnych kołnierzy obudowy.

Sposoby łączenia odcinków za pomocą połączeń kielichowych i kołnierzych omówiono w artykule [1].

Zbyt rzadka konsystencja żywic może powodować jej spływanie, lecz nie powoduje strat przy stosowaniu form wklęsłych, bowiem odbywa się w kierunku najniższych, środkowych partii łupin.

Forma wypukła jest łatwiejsza w wykonaniu i możliwa do stosowania przy produkcji łupin o różnej grubości ścianek.



Rys.2. Sposoby laminowania łupin na formach. Połączenie wzdłużne łupin

4. LITERATURA

- [1] Klugiewicz J., Dzieweczyński P.: Nowa konstrukcja bezkanałowych sieci cieplnych w obudowie z tworzyw sztucznych /w niniejszym zeszycie/

MOULDS FOR PRODUCTION OF NEW SHELLS FOR HEAT DISTRIBUTION CANALLESS NETWORKS IN PLASTIC LININGS

Summary

The paper gives some information on a way of manufacturing moulds for the production of glass reinforced plastic shells for heat distribution canalless networks. There is discussed a way of manufacturing a proper

of the mould. A possibility of the application of a convex on concave mould is assumed. There is also given, in brief, a method of making shells on the mould.

ФОРМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБОЛОЧЕК НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ БЕСКАНАЛОВЫХ ТЕПЛОСЕТЕЙ В ПЛАСТМАССОВОЙ ОБДЕЛКЕ

Резюме

В статье представлена информация о способе выполнения форм для производства оболочек из пластмасс со стеклянным волокном для бесканаловых теплосетей. Рассмотрен способ выполнения соответствующего профиля формы. Предвидена возможность применения выпуклой или вогнутой форм. Сокращенно представлен метод производства оболочек на форме.

Cena 51,— zł

ISSN 0208-6379