

1 9 6 3  
Nr 7 (22)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEN  
ŁĄCZNOŚCI

ROK 3

WARSZAWA 1963

7(22)

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Technicznej-Ekonomicznej

**Kolegium Redakcyjne:**

---

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler  
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

**Członkowie:**

inż. Edmund Janowski, doc. Stefan Jasiński,  
mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Mezejko

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

**Adres Redakcji:**

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Technicznej-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 520. Druk ukończono  
w lutym 1964 r.

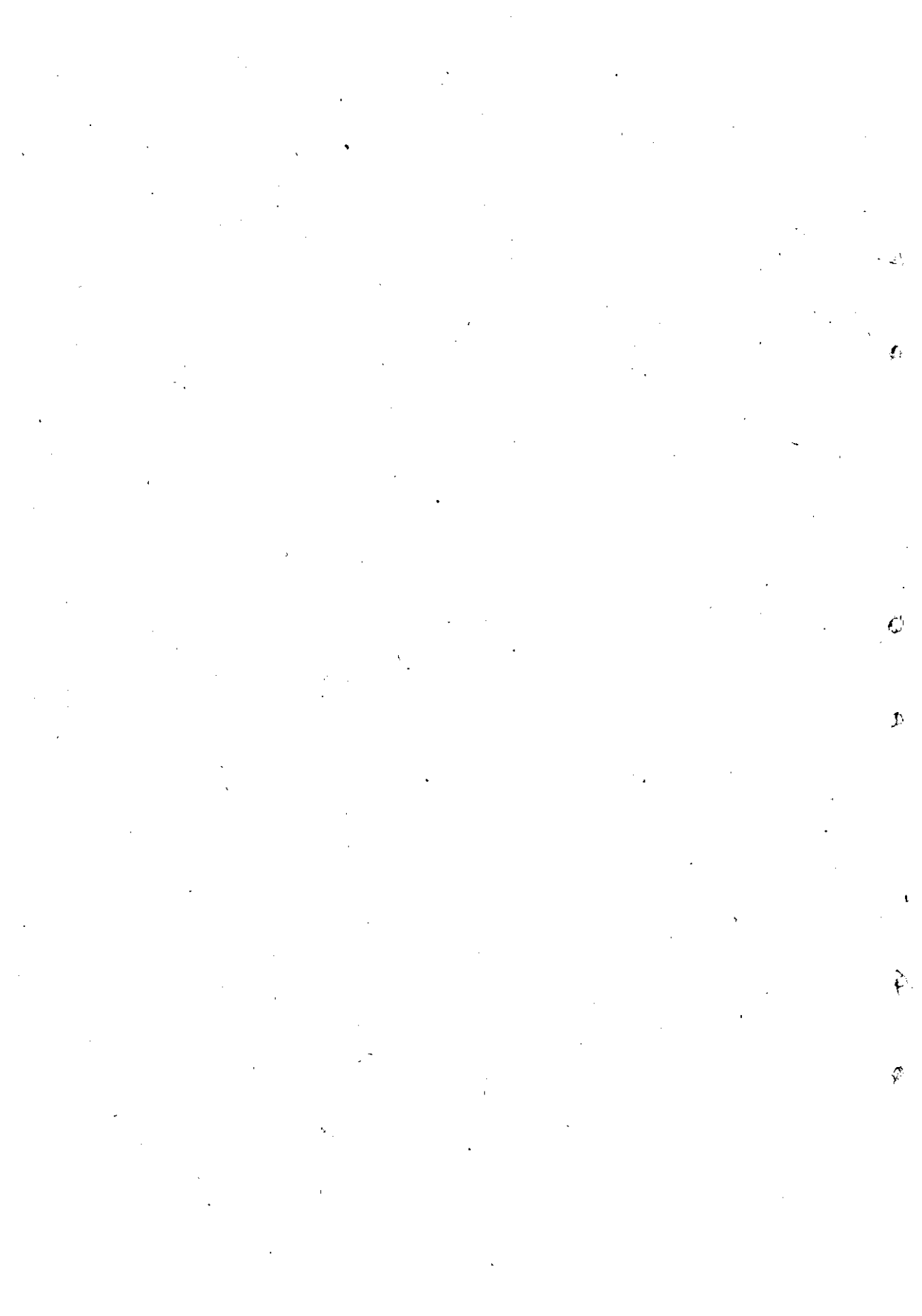
PRZEGLĄD  
ZAGADNIENÍ ŁĄCZNOŚCI

Mechanizacja budowy linii kablowych

Część I

SPIS TREŚCI

	Str.
1. W. Wohlfahrt, L. Kitze - Technika i technologia zmechanizowanego układania kabli ziemnych - Opracował W. Sobczyk	1
2. L. Kitz, KDT, Berlin - Radzieckie osiągnięcia w mechanizacji prac i modernizacji przy budowie telekomunikacyjnych kanałizacji kablowych na sieciach miejscowych - Opracował W. Sobczyk	14
3. D.F. Barry, C.H. Hooking - Budowa linii współosiowej Sydney-Melbourne - Opracował W. Sobczyk	19



TECHNIKA I TECHNOLOGIA  
ZMECHANIZOWANEGO UKŁADANIA KABLI ZIEMNYCH<sup>1)</sup>

W. Wohlfahrt, L. Kitze: Technik und technologie der mechanisierten Erdkabelverlegung. Fernmelde-Praktiker, z. 1, 1962, str. 3-6.

1. WSTĘP

Szybki rozwój telekomunikacji stwarza obecnie konieczność budowy wielkiej liczby linii kablowych. Wzrost zapotrzebowania na siłę roboczą spowodował potrzebę szukania oszczędności czasu przede wszystkim w najbardziej pracochłonnych a stosunkowo prostych czynnościach, jak np. przy układaniu kabli w ziemi.

Rozwiązania poszły w dwóch kierunkach. Jeden kierunek, tzw. pełnej mechanizacji, polega na układaniu kabla wprost do ziemi za pomocą maszyn bezpośrednio za "pługiem" żłobiącym w glebie miejsce na kabel, bez potrzeby usuwania ziemi pod kablem. Drugi kierunek, tzw. mechanizacji częściowej, polega na kopaniu rowów kablowych za pomocą mechanicznych koparek, a następnie układaniu w nich kabli i zasypywaniu tych rowów.

---

<sup>1)</sup> Wszystkie artykuły na podstawie oryginałów opracował W. Sobczyk.

## 2. CAŁKOWICIE ZMECHANIZOWANY SPOSÓB UKŁADANIA KABLI ZIEMNYCH

### 2.1. Rozwiązanie konstrukcyjne maszyny do układania kabli

W celu uzyskania jak najlepszego rozwiązania konstrukcyjnego maszyny wykonano szereg doświadczeń z różnymi kształtami noża pługa. Szukano takiego kształtu noża, który pozwoli na wprowadzenie kabla do ziemi na odpowiednią głębokość przy użyciu możliwie jak najmniejszej siły pociągowej.

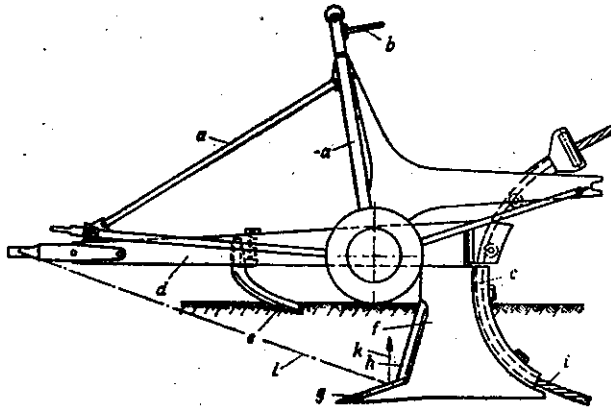
Wcześniej zbudowane pługi do drenażu oraz tzw. rurowy pług Greifswaldera, zaprojektowany w okresie powojennym przez Instytut Gleboznawstwa, pozwalały przypuszczać, że dadzą najlepsze wyniki. Pług rurowy Greifswaldera posiada ostrze w kształcie pługa, podobne do dużego struga. Inne pługi do drenażu mają część roboczą pługa na kształt noża. Za pomocą odpowiednich urządzeń badano optymalne kształty pługa. Badano przez porównanie, przy jakich kształtach części roboczych pługa uzyskuje się najekonomiczniejsze wyniki. W tym celu przeciągano w ziemi różne pługi na głębokości 80 cm. Udowodniono, że część robocza pługa w kształcie stalowego ostrza struga przy kącie nachylenia  $45^\circ$  i szerokości około 180 mm nie potrzebuje większej siły pociągowej niż pług o kształcie noża przy szerokości 30 mm i nachyleniu do poziomu  $70^\circ$ . Wyjaśnienie to uzyskano na drodze eksperymentalnej. Pług z ostrzem w kształcie struga podnosi ziemię pod kątem nachy-



lenia około  $45^{\circ}$  i spulchnia ją. Następnie odkrojona warstwa ziemi ślizga się po płaszczyźnie czołowej ostrza do góry i w spulchnionym stanie przesuwana się wzdłuż części konstrukcyjnych pługa. Nożowy kształt pługa przeciągany przez ziemię pod kątem nachylenia  $70^{\circ}$ , wypiera ziemię na boki i ściska ją. Ścisnięta ziemia wywiera na nożowy kształt części tnącej dużą siłę tarcia, która powiększa potrzebną siłę pociagową.

Wynika stąd wniosek, że pług z ostrzem jak u struga przedstawia optymalne rozwiązanie techniczno-ekonomiczne, potrzebuje do spulchnienia ziemi najmniejszej siły ciągu, unikając przy tym bocznych sił tarcia pomiędzy ostrzem pługa a podłożem.

Rysunek 1 przedstawia najkorzystniejszą sylwetkę pługa z ostrzem roboczym w kształcie struga. Próby wykazały,



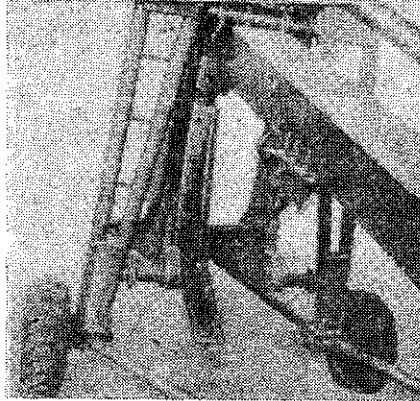
Rys. 1. Schemat lekkiego układacza kabli, używanego przez Niemiecką Poczta

że przy kącie ostrza roboczego w stosunku do poziomu  $15-20^{\circ}$  pług podnosi i spulchnia ziemię przy najmniejszym na-

kładzie siły pociągowej. Górna część w kształcie noża przewęża się ku tykowi, tak że tylna płaszczyzna ostrza jest węższa. Powstają więc niewielkie siły tarcia między podłożem a częściami roboczymi pługa. Ten kształt uznany jako korzystny spełnia jeszcze inny cel. Od punktu zaczepu na ciągniku do części roboczych pługa przebiega przez idealną linię naciągu i siła ciągnąca (rys. 1). Wytworza ona siłę składową  $k$ , działającą w kierunku pionowym do góry. Składowa  $k$  jest tym mniejsza, im dłuższa jest belka pługa i im bardziej płasko przebiega idealna linia naciągu  $l$ . Przeciw sile  $k$  działają masy ziemne, spoczywające na części tnącej (lemieszu) w kształcie struga. Przy właściwym doborze długości belki ciągnącej pługa, w stosunku do żądanej głębokości wykopu, długości i szerokości lemieszu oraz jego nachylenia względem powierzchni 15 do 20° uzyskuje się równowagę między siłą składową  $k$  a z góry działającymi masami ziemnymi.

Optymalne rozwiązanie konstrukcji może być osiągnięte tylko dla określonego rodzaju podłoża. W praktycznej pracy zmieniają się stale wymagane siły pociągowe wraz ze zmieniającymi się wielokrotnie warunkami strukturalnymi rozkopanej ziemi. Pługowa część maszyny do układania kabli może być zabudowana na podwoziu dwu lub jednoosiowym. Ponieważ trasy kabli przebiegają często w terenie nierównym, podwozie musi być dostosowane do pracy terenowej, aby w dużym stopniu utrzymać przewidzianą głębokość wykopu. Dwuosiove podwozia są tylko wtedy dostosowane do podanych warunków, jeżeli posiadają indywidualne zawieszenie kół. Konstrukcja jest w tym przypadku skom-

plikowana, musiałaby przenosić wielkie siły pociągowe. Byłaby więc konstrukcją nieekonomiczną. Przedstawione na rys. 2 końcowe rozwiązanie jednoosiowe nie wykazuje opi-



Rys. 2. Wygląd zewnętrzny roboczej części ciężkiego układacza kabli Niemieckiej Poczty

sanych braków. Jednoosiowe podwozie przystosowuje się znacznie łatwiej do pracy w nierównym terenie. Optymalne rozwiązanie uzyskano przez konstrukcyjne oddzielenie pługa od podwozia. Duże siły ciągnące są przenoszone od zaczepu belki pługa na najkrótszej drodze do jego części roboczych. Podwozie więc dźwiga niewielki ciężar własny pługa. Przedstawione powyżej zasady optymalnych kształtów pługów zostały zastosowane we wszystkich maszynach do układania kabli, zaprojektowanych przez Niemiecką Pocztę [1].

## 2.2. Maszyna do układania kabli 57/50

Po zakończeniu szeregu prób zbudowano w 1957 r. pierwszą maszynę do układania kabli, skonstruowaną na podstawach naukowych. Jest ona połączona z ciągnikiem na gąsienicach i przyczepą z bębnem kablowym. Całość tworzy lekki zestaw do układania kabla. Znalazł on zastosowanie praktyczne od 1958 r. (rys. 3). Tym zestawem do ukła-



Rys. 3. Układacz kabli typu 60/16  
na stanowisku roboczym

dania kabli, zwanym pociągiem kablowym mogą być układane kable ziemne o średnicy zewnętrznej do 50 mm przy głębokości rowu do 700 mm. Zapotrzebowanie siły pociągowej jest bardzo duże, zależne od warunków gruntu i dochodzi do 10 Mp<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup>Mp - skrót jednostki siły - megapond lub tona siły.  
1 Mp = 10<sup>3</sup> kg = 9806,65 N (niutona).

Maszyna do układania kabli składa się w głównych częściach z belki pługa z właściwym pługiem i podwozia z jedną dzieloną osią. Belka pługa może być z pługiem podniesiona na podwoziu, i tak może być transportowana. Podnoszenie pługa i obniżanie go do układania kabla odbywa się za pomocą dźwigni ręcznej. Głębokość rowu wynosi 500, 600 lub 700 mm. Prowadnica kabla jest zaprojektowana tak, aby zachowany był najmniejszy dopuszczalny promień krzywizny kabla o największej pojemności. Tarcie kabla w czasie ruchu jest stosunkowo małe. Przed właściwym pługiem znajduje się przecinak w kształcie noża, który nacina powierzchnię ziemi i ułatwia wykonywanie wykopu, szczególnie na łakach i wśród bujnej roślinności. Przy zaczepie pługa jest pręt zabezpieczający, który zrywa się przy sile naciągu pługa wynoszącej 11 Mp. Chroni on maszynę przed uszkodzeniem przy zderzeniu się z ewentualną przeszkodą podziemną.

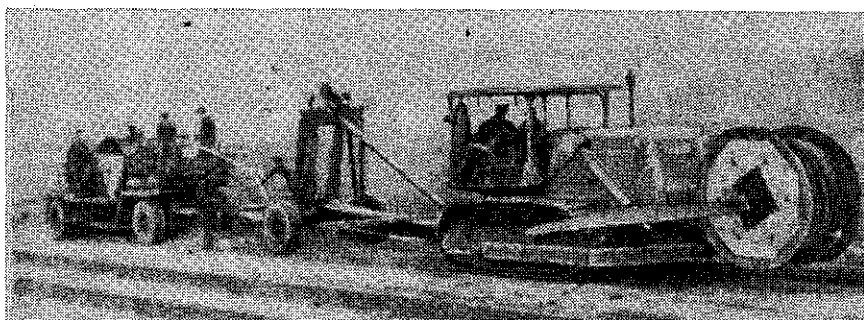
Przyczepa na bęben kablowy może unieść bęben z kablem o łącznym ciężarze 2 tony i średnicy tarczy bębna 1800 mm, szerokości 1150 mm. Na przedniej stronie ciągnika znajduje się hydrauliczne urządzenie do podnoszenia bębnow kablowych.

### 2.3. Maszyna do układania kabli 59/70/50-50

Po pozytywnych wynikach pracy pierwszej niemieckiej maszyny do układania kabli zaprojektowano i zbudowano dalsze maszyny, oparte na tych samych technicznych zasadach, do układania kabli dalekosiężnych. Do napędu tej maszyny jest potrzebny ciągnik gąsienicowy o sile

pociągowej około 20 Mp. Posiada on dwuosiową przyczepę na bęben kablowy.

W zastosowaniu od 1959 r. znajduje się w opisanym składzie tzw. ciężki zestaw do układania kabli (rys. 4). Za pomocą ciężkiego zestawu mogą być równocześnie układane obok siebie dwa kable o średnicy zewnętrznej 50 mm albo jeden kabel o średnicy do 70 mm przy głębokości rowu 1100 mm. Są również możliwe inne warianty typów ka-



Rys. 4. Ciężki zestaw do układania kabli  
w czasie pracy

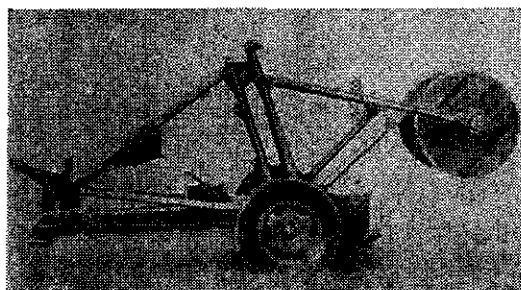
bli które nie przekraczają dopuszczalnej maksymalnej średnicy. Ponieważ przy większej głębokości układania (1100mm) i szerszym ostrzu pługa wymaga się siły pociągowej do 20 Mp, przeto musiano skonstruować maszynę o znacznym odchyleniu od przyjętego kształtu i większych wymiarach części roboczych. Dlatego maszyna w ciężkim zestawie posiada większe wymiary, tj.: długość 8600 mm, wysokość 2200 mm i ciężar 3200 kg. Przy układaniu kabla często potrzebne jest podnoszenie i opuszczanie pługa. Czynności te w ciężkim zestawie zmechanizowano przez zastosowanie na ciągniku windy z linką.

Wskutek większego dopuszczalnego promienia krzywizny układanych grubszych kabli wynikała potrzeba użycia dłuższego pługa, który do poprawy warunków jazdy na zakrętach podczas układania kabli otrzymał ruchomą prowadnicę. Przyczepa z bębnum kablowym jest przystosowana do jednoczesnego przewożenia dwóch bębnow kablowych.

#### 2.4. Maszyna do układania kabli 1961/16

Do układania kabli z powłoką z tworzyw sztucznych opracowano specjalne maszyny nowej konstrukcji.

W 1960 roku skonstruowano i wyprodukowano układacz kabli 1960/16. Umożliwia on układanie kabli w powłoce z tworzyw sztucznych przy minimalnym nakładzie czasu pracy i kosztów (rys. 5). Za pomocą układacza kabli 1960/16 wg obecnych technicznych wykonań mogą być układane ka-



Ryc. 5. Lekki układacz kabli w czasie pracy

ble w powłoce z tworzyw sztucznych i z ołowiu, przy średnicy zewnętrznej kabla do 20 mm na głębokości 600 mm. Wymagana siła pociągowa umożliwia na większości tras ka-

bli zastosować typowy ciągnik produkcji NRD (typ KS 30-Urtrak).

W stosunku do warunków i kosztów pracy innych maszyn do układania kabli, przez wprowadzenie ciągnika Urtrak uzyskano znaczną oszczędność. W swojej zasadniczej budowie układacz kabli 1960/16 również odpowiada poprzednio opisanej zasadzie. Znaczniejsza różnica polega na tym, że wbudowano specjalne urządzenie, za pomocą którego bęben z kablem może być podnoszony i opuszczany oraz transportowany w czasie układania. Urządzenie pozwala zrezygnować z wożenia przyczepy na bęben kablowy. Urządzenie do podnoszenia zaprojektowano odpowiednio dla bębnow kablowych E12 (średnica tarczy bębna 1200 mm) i ciężarze do 600 kg. Na środkowej podporze układacza kabli znajduje się ręczna winda, za pomocą której można podnosić i opuszczać zarówno urządzenie do podnoszenia bębnow, jak również korpus pługa. Dalsze usprawnienie polega na tym, że układacz kabli może być przewożony jako przyczepa do zwykłego samochodu ciężarowego z szybkością do 40 km/godz.

Od połowy 1961 roku są dostarczane do Telekomunikacyjnych Urzędów Budowy pierwsze z seryjnego wykonania układacze kabli. Obecnie projektuje się do nich specjalną prowadnicę kabla. Pozwoli ona za pomocą tej maszyny typu 1961/16 układać kable o średnicy zewnętrznej do 30 mm.

## 2.5. Technologia całkowicie zmechanizowanego układania kabli ziemnych

Trzy operacje ręcznego układania kabli: kopanie rowu, układanie kabla i zasypywanie rowu zostają przy całkowiti-



cie zmechanizowanym układaniu połączone w jeden ciąg pracy.

Najpierw ustawia się na trasie i razem zoczepia: ciągnik, maszynę do układania kabla i jeżeli to konieczne, przyczepę do transportu kabla [2]. Następnie zwalnia się z bębna kablowego początek rozwijanego kabla i przeprowadza go przez prowadnicę. Przy rozpoczęciu pracy pług wchodzi samodzielnie w ziemię na uprzednio ustawioną głębokość. Wprowadzony do ziemi koniec kabla musi być przez pewien czas umocowany, aż siły tarcia między kablem i podłożem będą większe niż siła naciągu kabla. Przy układaniu kabel odwija się ciągle z bębna kablowego, biegnie przez prowadnicę i z tyłu pługa jest układany na spodzie wykopanego rowu kablowego. Konstrukcja prowadnicy zapobiega przekroczeniu dopuszczalnego naciągu i gięciu kabla. Po ułożeniu odcinka kabla, nakłada się nowy bęben kablowy i koniec poprzedniego oraz początek nowego kabla łączy się razem po przeprowadzeniu przez prowadnicę. Bezpośrednio zaraz po ułożeniu musi być ustalone położenie kabla i naniesione na szkice sytuacyjne.

Przy określonych warunkach, a specjalnie przy zastosowaniu ciężkich maszyn do układania kabli należy bezpośrednio po ułożeniu wyrównać nawierzchnię rowu kablowego za pomocą łańcuchów ciągnika i specjalnego sprzętu do wyrównywania nawierzchni. O ile możliwe, należy unikać przerw podczas układania kabla przez staranne projektowanie i odpowiednie przygotowanie trasy kabla. Mimo tego mogą wystąpić przerwy spowodowane znanymi lub nieznanymi przeszkodami. Na przykład musi być przerwane układanie ka-

bla, jeżeli z nową linią kablową krzyżują się obce urządzenia (kable energoelektryczne itp.). Jeżeli nie można przełożyć tych urządzeń na krótki czas lub na stałe, należy wyjąć pług z ziemi w odpowiedniej odległości przed przeszkodą, a zagłębić go znowu za przeszkodą. Miejsce krzyżowania należy wykonać ręcznie według obowiązujących wymagań technicznych. Nieznanymi przeszkodami są przeważnie ciężkie kamienie albo korzenie. Specjalne wyżej wspomniane prety przy zaczepach zapobiegają niedopuszczalnym przeciążeniom maszyn i kabli. W każdym przypadku zerwania preta należy maszynę zatrzymać i zbadać przyczynę przerwy. Przy tym należy ustalić, czy w danym miejscu trasy kabla nie jest potrzebna późniejsza praca ręczna.

Przy określonych niekorzystnych warunkach i błędach obsługi może wystąpić w pojedynczych przypadkach silne naciągnięcie kabla. Wtedy występują niewidoczne dla oka uszkodzenia powłoki. Dlatego wszystkie kable albo układa się pod nadciśnieniem albo po ukończeniu układania kabel poddaje się próbie ciśnieniowej i sprawdza szczelność powłoki ołowianej. W powyższy sposób ustala się uszkodzenie przed wykonaniem złącz. Dla kabli z powłoką z tworzyw sztucznych jest przewidziana elektryczna kontrola stanu kabla w czasie przebiegu układania.

Obsługa pociągów kablowych wymaga odpowiednich kwalifikacji, dużej zdolności pracowników i starannej organizacji przebiegu pracy. W przeciwieństwie do pracy ręcznej, ciężka praca fizyczna jest wymagana tylko przy niektórych operacjach, jak np.: przy wykładaniu kabla z

pociągu i przygotowaniu do układania albo przy omijaniu przeszkód przy pracach wykonywanych ręcznie. Możliwość zastosowania pociągu kablowego do układania kabli i wydajność pracy są zależne w dużym stopniu od każdorazowych warunków glebowych.

### 3. CZĘŚCIOWE ZMECHANIZOWANIE UKŁADANIA KABLI ZA POMOCĄ KOPARKI FREZOWEJ

Technologia całkowitej mechanizacji ma z przyczyn technicznych i ekonomicznych określone granice. W miejscowościach o uzbrojonym terenie, gęstej zabudowie i zadrzewieniu jest niemożliwe w większości przypadków zastosowanie pełnej automatyzacji ze względu na często występujące przeszkody albo ograniczoną przestrzeń, w obszarze linii kablowej. Do prac w szczególnie ciężkich warunkach zmiennych na małej przestrzeni zbudowano, przez Państwowe Przedsiębiorstwo Budowa Ciężkich Maszyn "7 Październik" w Magdeburgu, koparkę frezową do rowów kablowych typu 589000. Koparka była już w przeszłości zastosowana z dobrym wynikiem przez Centralny Urząd Budowy Kablowych Linii Dalekosiężnych.

Koparka frezowa może kopać rowy kablowe do głębokości 1000 mm i szerokości do 130 mm. Przeciętna szybkość pracy wynosi w zależności od jakości gruntu od 60 do 120 m na godzinę. Ciężar koparki wynosi 1225 kg. Wykazuje ona duży nacisk na grunt i może być używana w miejscach o małej szerokości (od 920 mm). Koparka jest samojezdna, napędzana przez silnik o mocy 12 KM. Łańcuch freza jest połączony z silnikiem przez mechaniczne sprzęgło cierne,

które można włączać ręcznie. Dzięki użyciu sprzęgła cier-  
nego nie zdarzają się większe uszkodzenia koparki przy  
trafieniu freza na przeszkody. Koparka frezowa porusza  
się w czasie pracy i transportu z regulowaną szybkością  
do 5 km/godz.

Do obsługi koparki frezowej potrzeba dwóch pracowni-  
ków, którzy transportują maszynę, przygotowują ją do pra-  
cy i nadzorują przebieg prac podczas wykopu.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Wohlfahrt W. und Kitze L.: Mechanisierte Verlegung  
von Erdkabeln Die Technik 15/1960/, H.9.
2. DPN-F 42660/12 Anweisung für die maschinelle Erdka-  
belverlegung mit der kleinen Kabellegemaschine.

#### RADZIECKIE OSIĄGNIĘCIA W MECHANIZACJI PRAC I MODERNIZACJI PRZY BUDOWIE TELEKOMUNIKACYJNYCH KANALIZACJI KABLOWYCH NA SIECIACH MIEJSCOWYCH

L. Kitz, KDT, Berlin. Über den Kanalbau in der  
Ud SSR. Fernmelde-Praktiker z. 5, 1963, str.  
102-104.

W zakresie mechanizacji robót i unowocześniania me-  
tod przy budowie kanalizacji kablowej na sieciach miej-  
scowych można wiele korzystać z doświadczeń Związku Ra-  
dzieckiego. W okresie 1956-1962 r. Radziecki Zarząd Łącz-  
ności opracował i wprowadził do praktyki wiele cennych  
technicznie maszyn, prefabrykowanych elementów budowla-

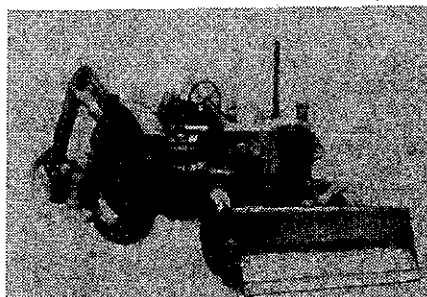
nych i sposobów montażu. Efektem tych prac jest prawie całkowite skanalizowanie telekomunikacyjnej kablowej sieci miejscowej w Moskwie i innych wielkich miastach ZSRR.

Godne uwagi jest zastosowanie azbestowo-cementowych rur kanalizacyjnych o średnicach wewnętrznych 90 i 100 mm przy grubości ścianek 8 lub 11 mm. Długość rury wynosi 3 m, a jej ciężar przy średnicy 100 mm i grubości ścianki 11 mm wynosi 16 kg. W opracowaniu jest prototyp rury o średnicy 75 mm.

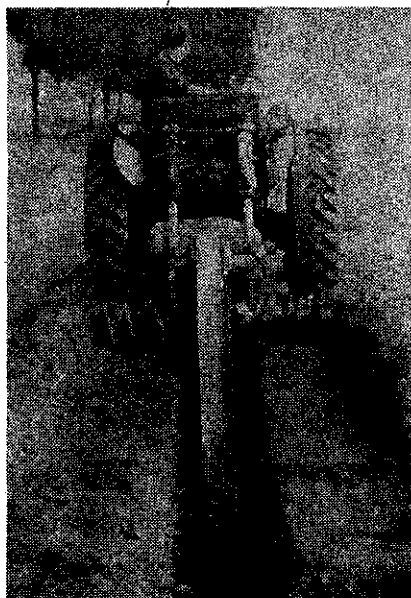
W warunkach radzieckich rury azbestowo-cementowe są tańsze i ekonomiczniejsze od powszechnie stosowanych u nas rur betonowych. Przy układaniu kilku ciągów rur obok siebie utrzymuje się wzajemną odległość rur 2 do 4 cm. Wolną przestrzeń wypełnia się piaskiem i lekko ubija. Miejsca łączenia odcinków rur uszczelnia się przed wtargnięciem wody lub gazów za pomocą materiałów bitumicznych i nakłożonych kołnierzy cementowych. W tym zakresie prowadzi się jeszcze rozległe badania.

Studnie kablowe rozmieszcza się na liniach kablowych w odległości 60 do 80 m. Rozróżnia się pięć typów studni kablowych w zależności od wielkości i wytrzymałości studni. Typ pierwszy (I) odpowiada naszym studniom rozdzielczym. Studnia tego typu składa się z 3 części prefabrykowanych, dostarczanych w gotowym stanie na miejsce budowy. Studnie kablowe typu II-V składają się z trzech lub czterech elementów: płyty podstawowej, jednego lub dwóch kręgów, stanowiących ściany boczne i pokrywy z włazem. Wymiary studni typu V wynoszą: długość 2,80 m, szerokość 1,4 m, głębokość 1,8 m. Największy ciężar elemen-

tu: prefabrykowanego nie przekracza 1,5 t. Przy budowie studni pracownicy posługują się dźwigiem.



Rys. 1. Koparka łyżkowa typu E 153 wraz ze spychaczem ziemi zmontowane na ciągniku.



Rys. 2. Wygląd zewnętrzny koparki frezowej typu ETN 123

Wykopy pod studnie kablowe są wykonywane w sposób zmechanizowany. W większości używa się koparek łyżkowych typu E 153. Jako siły pociągowej do koparki używa się ciągnika. Wydajność koparki przy szerokości rowu 0,6 m wynosi od 15 do 20 m<sup>3</sup>/godz. Maszyna jest wyposażona w koparkę łyżkową i spychacz ziemi (rys. 1) do wyrównywania powierzchni wykopu.

Przy kopaniu rowów na kanalizację jedno i dwutorową używa się frezowych koparek typu ETN 123 (rys. 2). Jest ona również ciągniona przez ciągnik i wyposażona w urządzenie do wyrównywania powierzchni rowu. Koparka może kopać rów na głębokość 1,6 m przy szerokości 0,25 m.

Do podnoszenia ciężarów do 3 ton zastosowano dźwig, tzw. "autokran", przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Widok na 3-tonowy dźwig, tzw. "autokran"

Przy zmechanizowaniu opisanych prac potrzebna jest mała ilość pracowników do nadzorowania maszyn. Pracownicy wykonują też drobne prace wykończeniowe, np. przy montażu studni kablowej pracuje dwóch ludzi, którzy we właściwy sposób kierują układaniem prefabrykowanych elementów za pomocą dźwigu, łączą je ze sobą zaprawą cementową i wyrównują powierzchnię ziemi.

Studnie kablowe typu ed II do V są obliczone na obciążenie do 40 t. Wszystkie elementy budowlane studni są zbrojone żelazem.

Pracochłonne przejścia w miejscach skrzyżowania z ulicami, kolejami itp. rozwiązano w ciekawy sposób. Wprowadzono do praktyki dużą ilość mechanicznych, hydraulicznych i hydromechanicznych urządzeń wykonujących poziome otwory lub wbijających grubościenne rury w ziemię. Z rur ziemia jest wybierana odpowiednimi narzędziami, uzyskując prawidłowe kanały dla kabli. Średnica rur stalowych przystosowanych do przebijania przez ziemię wynosi 900 mm przy grubości ścianek 10 mm (rys. 4). Wymagany nacisk na rurę wynosi ok.  $400 \text{ kg/cm}^2$ . Do wbijania rury używa się dwóch cylindrów hydraulicznych, każdy o średnicy 200 mm.



Rys. 4. Urządzenie do hydraulicznego wybijania poziomych otworów na przejścia z kanalizacją kablową

Urządzenie jest zamontowane na dwuosiowej przyczepie. Szybkość wiercenia otworów wymienionymi wyżej sposobami wynosi do 8 cm/min. Przy metodzie wciskania (przebijania) stosowano rury o długości średnio 4 m. Jeżeli miejsce



skrzyżowania jest dłuższe, przyspawa się za pomocą automatycznego aparatu spawalniczego kilka odcinków rur na miejscu budowy.

Do stalowej rury o średnicy 900 mm ułożonej w miejscu skrzyżowania wprowadza się potrzebną ilość rur azbestowo-cementowych, uzyskując kanalizację wielootworową. Przy wykonywaniu opisanymi sposobami przejść pod ulicami i torami, zatrudnionych jest tylko trzech ludzi.

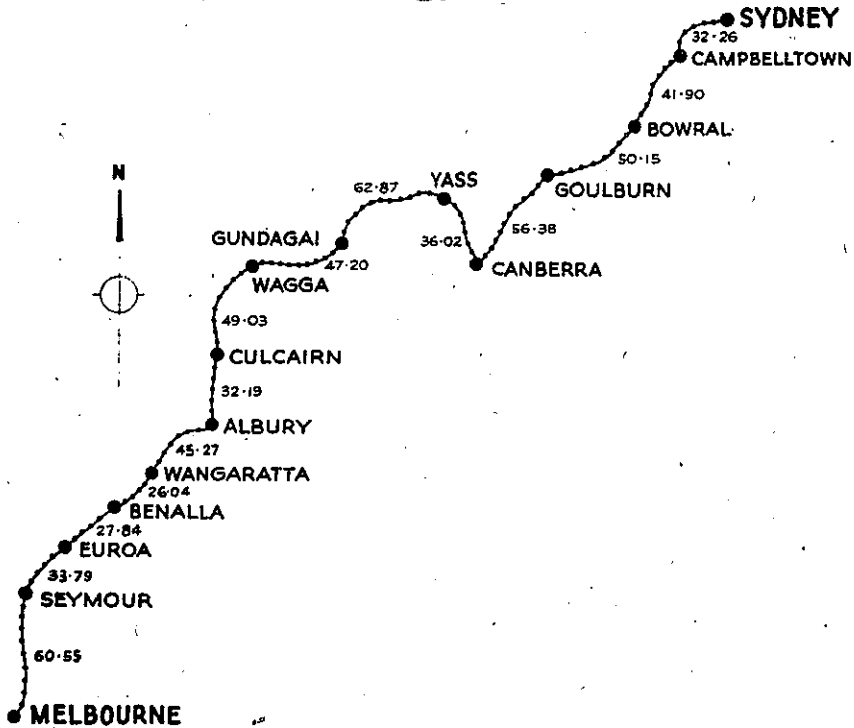
Przewiduje się dalsze udoskonalenia przy budowie kanalizacji kablowych przez zastosowanie rur z mas termoplastycznych, zakładając, że długości odcinków będą odpowiednio dobrane do odległości między studniami. Zastosowanie rur z mas termoplastycznych o dużych odległościach bez konieczności łączenia poszczególnych odcinków poważnie usprawni technologię budowy kanalizacji kablowej.

## BUDOWA LINII WSPÓŁOSIOWEJ SYDNEY - MELBOURNE

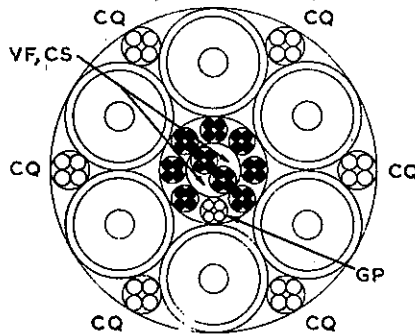
D.F. Barry, C.H. Hooking: Instalation of the cable. The Telecommunication Journal of Australia, February 1962, nr 3, str. 187-204.

### 1. ORGANIZACJA PRACY

Projektowana linia kablowa Sydney - Melbourne (rys.1) o długości 602 mile ang. (ok. 969 km) była wielkim przedsięwzięciem, toteż duży nacisk położono na właściwe zorganizowanie i przygotowanie prac, zwłaszcza że budowa ma-



Rys. 1a). Szkic trasy kabla z naniesionymi głównymi stacjami wzmacniakowymi



Rys. 1b). Widok poprzecznego przekroju kabla



wiązki czwórkowe niepupinizowane



wiązki czwórkowe pupinizowane 88 mH

CQ - 12 par przeznaczone dla telefonii nośnej

CS - 9 par kontroli i dozoru łączy

GP - 2 pary alarmowe kontroli ciśnieniowej kabla

VF - 9 par dla łączy telefonii naturalnej

ła być zakończona w krótkim czasie, bo w ciągu 2 lat. W celu uzyskania lepszych efektów w pracy zorganizowano tygodniowy kurs metod pracy obejmujący także przepisy ruchu, udzielanie pierwszej pomocy, przepisy prawne i in.

Główne czynności przy budowie większej części trasy były podzielone w następujący sposób:

- 1) przygotowanie trasy,
- 2) kopanie rowów kablowych w ziemi i układanie kabla,
- 3) kopanie rowów kablowych w skale i układanie kabla,
- 4) zaciąganie kabla do kanalizacji,
- 5) wykonywanie złącz, próby i pomiary,
- 6) wykonanie końcowych badań i pomiarów.

## 2. OPIS PRAC

### 2.1. Przygotowanie trasy

Przygotowanie trasy obejmuje wszystkie prace, konieczne do wykonania na trasie, przed układaniem kabla. Należą do nich: wyręb lasów, budowa bramek w ogrodzeniach będących na trasie kabla, budowa skrzyżowania z drogami i torami kolejowymi, przygotowanie przejść przez potoki, rzeki i żleby.

Wyrób lasów dokonywany był za pomocą pił mechanicznych, spychaczy i karczowników.

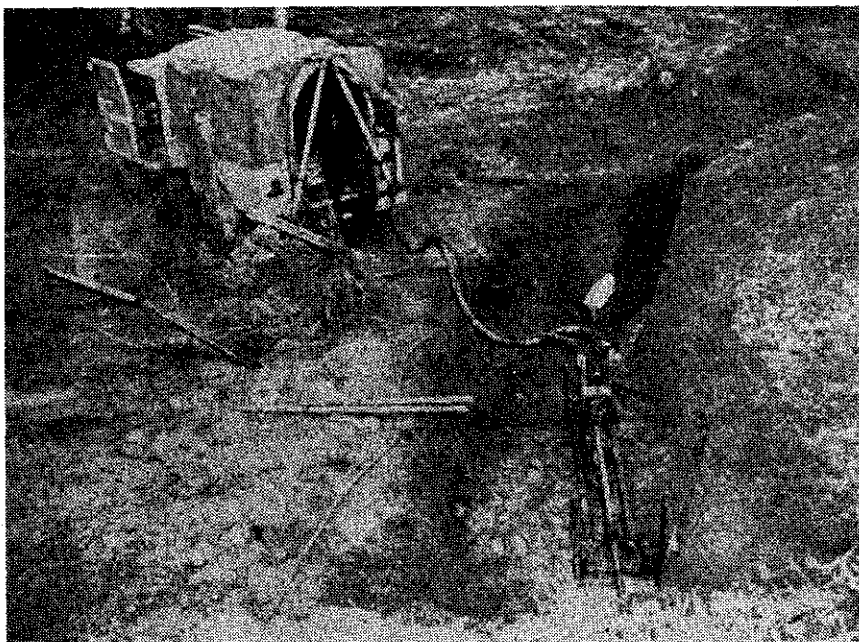
Początkowo projektowano, że cała trasa wykopu będzie spulchniona na głębokość 4 stóp. W czasie kopania rowów okazało się jednak, że spulchnianie ziemi na długo przed kopaniem rowów utrudnia prace. Po deszczu woda gromadziła się w miejscach spulchnienia, a z obu stron poruszonej

ziemi na szerokości 3-4 stóp grunt był tak miękki, że koparki grzęzły.

Nawet sucha ziemia spulchniona sprawiała, że po przejściu koparki ściany wykopu obrywały się i trzeba było wybierać ziemię ręcznie, co opóźniało prace. Na południe od Goulburn zaniechano spulchniania ziemi i stosowano je tylko na wybranych terenach o zwartym gruncie tuż przed kopaniem rowów.

Skrzyżowania z drogami i torami kolejowymi zostały wykonane pojedynczymi 6-calowymi rurami, zaciąganyymi do uprzednio wierconych mechanicznie otworów. Jeżeli w miejscu skrzyżowania istniała kanalizacja kablowa, wykorzystywano wolny otwór i zaciągano kabel do kanalizacji. Wiercenie otworów w miejscach skrzyżowania i układanie rury wykonywała 3-osobowa sekcja, przed układaniem kabla w fazie prac przygotowawczych. Z czterech pracowników składała się wtedy, gdy trzeba było obsłużyć pompę do lekkiej zaprawy murarskiej przy betonowaniu otworów. Przy użyciu hydraulicznego świdra (kreta), pokazanego na rysunku 2, napędzanego pompą zamontowaną na samochodzie marki Land-Rever, również był potrzebny czwarty pracownik. Używano także poziomego świdra typu Proline obsługiwanego przez jednego pracownika. Czas wykonania ziemnego przejścia w miejscach skrzyżowania wynosił 1 dzień w normalnej ziemi i do 12 dni w trudnych warunkach (np. w gruncie skalistym).

Na odcinku Sydney-Canberra wykonywano skrzyżowania linii kablowej z małymi potokami i wąskimi a głębokimi ściekami za pomocą dwóch lub więcej 18-calowych rur ty-

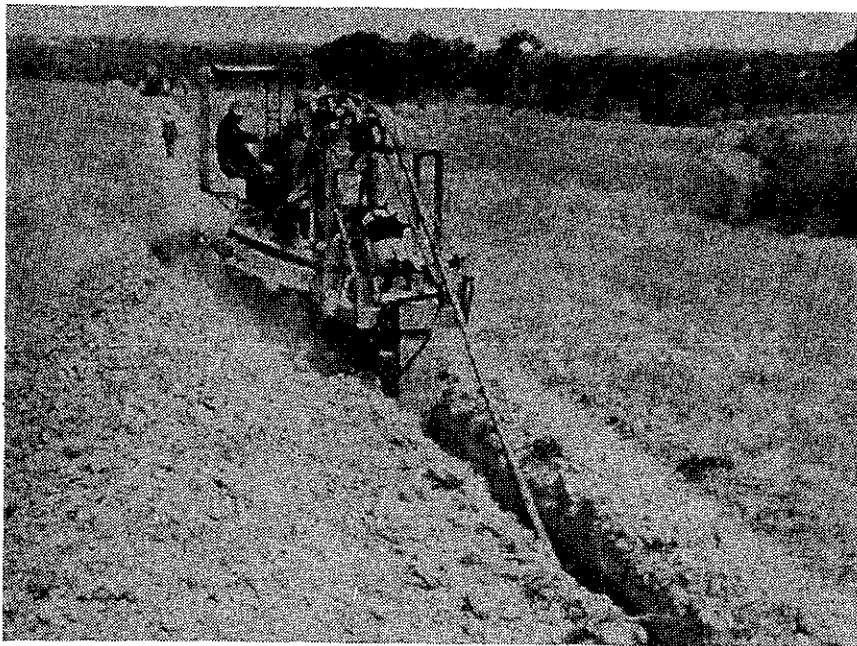


Rys. 2. Widok zestawu do pracy poziomego, hydraulicznego kreta, napędzanego przez pompę hydrauliczną typu PTO zamontowaną na samochodzie marki Land Rover

pu Armco, żeberkowanych z końcówkami gwiazdkowymi do łączenia. Rury układano w dnie potoku lub ścieku i przykrywano ziemią i żwirem. W gruncie luźnym zakrywano rury zaprawą cementową. Wiele z tych rur zostało wymytych w czasie powodzi lub deszczowych miesięcy. Przekonano się, że 18-calowe rury są nieodpowiednie z powodu zbyt dużej średnicy. Duże ilości szybko płynącej przez rurę wody w okresie deszczowych miesięcy powodowały uszkodzenia pancerza kabla. W dalszej fazie budowy rury 18-calowe Armco zostały wymienione na rury cementowe o mniejszej średnicy.

## 2.2. Kopanie rowów kablowych i układanie kabla

Do kopania rowów kablowych używano prawie wyłącznie koparek typu Barber Greene 774 (rys. 3). Były one bardzo wydajne. Rów o głębokości 4 stóp w lekkiej ziemi wykonywała koparka na długości 15-20 stóp w ciągu minuty.



Rys. 3. Widok pracującej koparki typu BG 774 (widać kabel rozwinięty przed koparką i układany przez nią do rowu)

Do transportu bębnow z kablem używano przyczep pokazanych na rys. 4.

Poważną trudnością w prawidłowym przebiegu prac były liczne skały, często niewidoczne, a wykryte dopiero przez



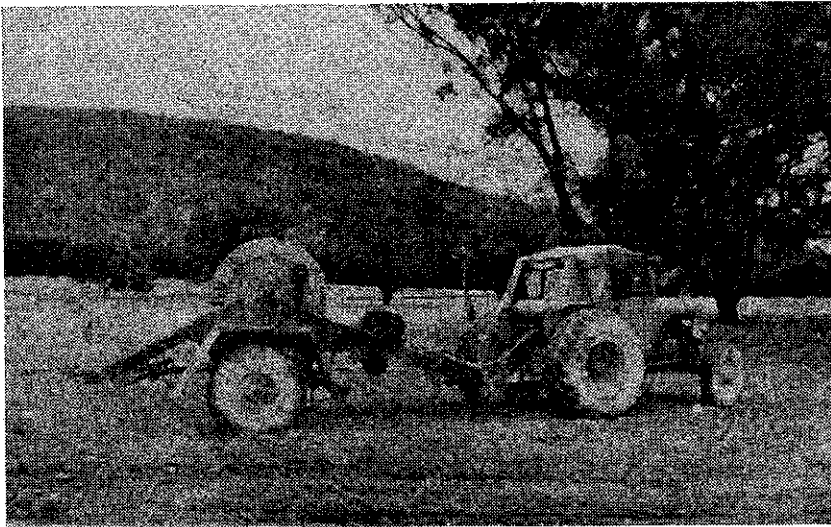
Rys. 4. Przyczepa kablowa na gąsienicach

koparki. Zorganizowano więc grupę ludzi do wysadzania skał i usuwania ich z trasy.

Dużym utrudnieniem w pracach była bardzo deszczowa zima notowana w obszarze Goulburn - Canberra, która zamieniła trasę linii kablowej w trzęsawisko.

Rewelacyjnym i ekonomicznym pomysłem okazały się wówczas tzw. "bagienne buty" do koparek Barber Greene. Były to belki z twardego drewna o długości 24, szerokości 4 i grubości 2 cale. Buty przytwierdzone do gąsienic koparki zwiększały powierzchnię czynną gąsienicy. Buty ułatwiały pracę w bagnach i trzęsawiskach, ale spowodowały duże uszkodzenia dyferencjałów koparek. Po pewnym okresie prac okazało się konieczne wprowadzenie pewnych zmian w organizacji pracy. Przegrupowano zespoły kopiące rowy

i układające kabel, tworząc cztery małe około 12-osobowe grupy. Każda grupa ludzi została wyposażona: w koparkę Barber Greene 774, spychacz typu Allis Chalmers 45 do wyrównywania terenu, lekką koparkę, lekki spychacz, sprężarkę powietrza wbudowaną na ciągniku, 8-tonowy dźwig typu Cranvel (rys. 5), przenośnik bębnowy z kablem, przyczepę i inne potrzebne pojazdy mechaniczne. Ponadto



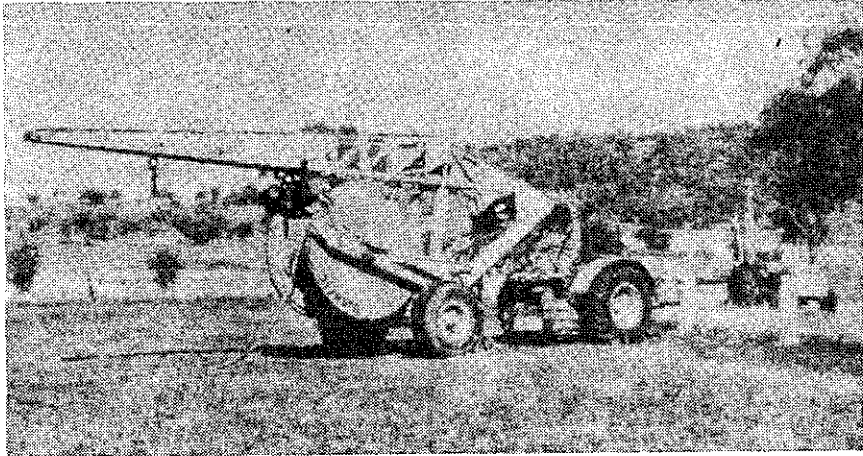
Rys. 5. Widok 8-tonowego dźwigu typu Cranvel i transportera do bocznego układania kabla

do dyspozycji każdej grupy były: ciężki spychacz drzew używany przy wyrębie lasów, pogłębiarka z ciągnikiem (rys. 6), zgarniarka linowa pojedynczych skał i do wydobywania mokrej ziemi z dna rzek w miejscach skrzyżowania z linią kablową.

Grupy kopiące rowy pracowały tylko na odcinkach wolnych od skał i kamieni. W terenie skalistym i kamienistym



rowy wykonywali specjaliści od usuwania skał. Każda grupa usuwaczy skał miała strażakowego i operatora sprężarki, kruszącej odosobnione kamienie w wierzchniej warstwie gleby.

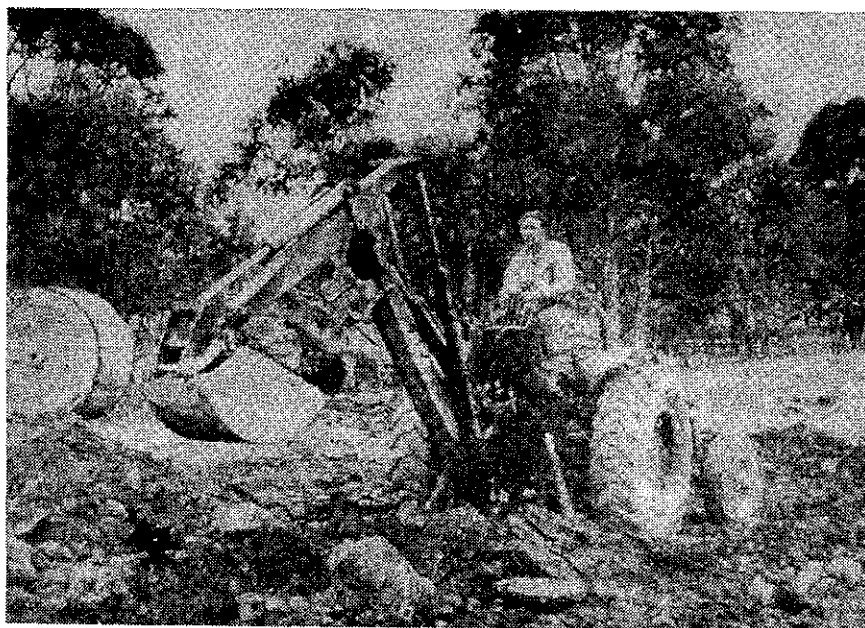


Rys. 6. Widok strony tylnej pogłębiarki o ruchu wstecznym podczas kopania rowu w gruncie skalistym po skruszeniu skał

Na południe od Canberra układano kabel australijskiej produkcji. Odcinki tego kabla odpowiadały odległościom między niedozorowanymi stacjami wzmacniakowymi. Dzięki temu dużo zyskano na tempie prac kablarzy. Udoskonalono zamocowanie wałka do koparki przez wbudowanie dwóch krążków zamiast jednego. Umożliwiło to układanie dwóch kabli jednocześnie. Wprawdzie koparki z krążkami nie były nowoczesne (gdzie zamiast krążków stosuje się zestaw wielowałkowy), ale pracowały dobrze. Dzienna maksymalna wydajność koparki na opisywanym odcinku trasy wynosiła 2600 jar-

dów. Normalna wydajność w umiarkowanych warunkach wynosiła około 1000 jardów dziennie na jedną koparkę.

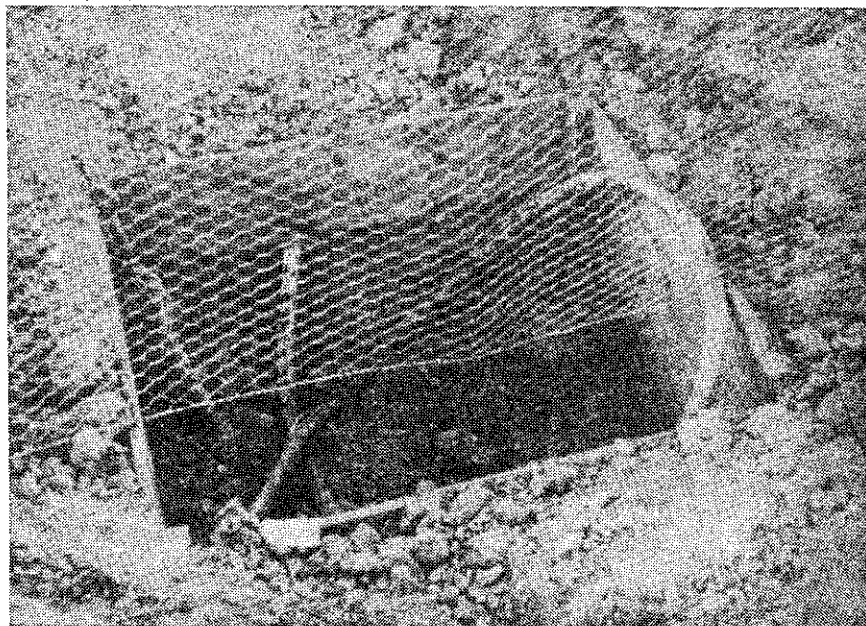
W miejscu projektowanego złącza kopano kwadratowy dół 6 x 6 stóp, o głębokości 4 stóp i 6 cali. Ściany dołu wykładano: w Nowej Południowej Walii prefabrykowanymi cementowanymi belkami 5 x 5 cali (rys. 7), a w stanie Wiktorii stosowano prefabrykowane skrzynki drewniane z prze-



Rys. 7. Widok studni złączowej, wykonanej z prefabrykowanych płyt żelazobetonowych, stosowanych na trasie Sydney - Albury

syconej australijskiej sosny "radiata" (rys. 8). W czasie wykonywania złącza zabezpieczano dół prowizorycznym ogrodzeniem w kształcie gwiazdy, wykonanym ze szupów i drucianej siatki (rys. 9).

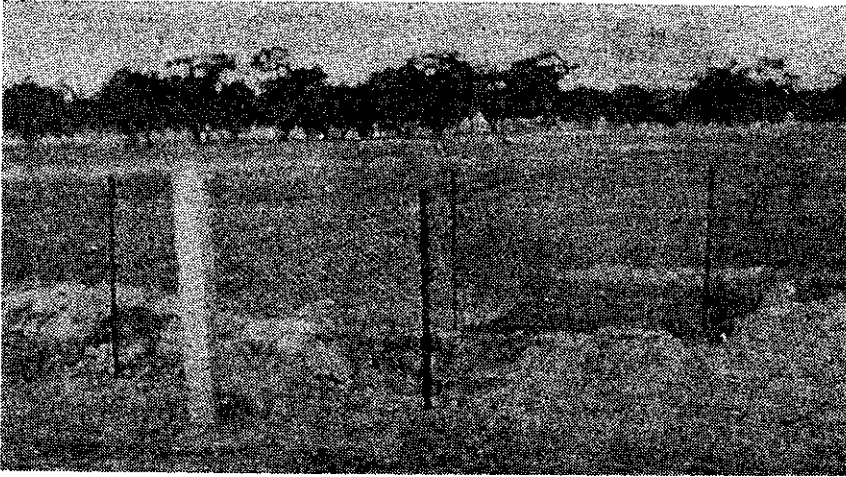
Po ułożeniu kabla w suchym wykopie zasypywano rów za



Rys. 8. Widok studni złączowej, wykonanej z desek, stosowanej pomiędzy Albury i Melbourne

pomocą spychacza do wyrównywania terenu, typu Allis Chalmers 45. W mokrej ziemi musiano stosować spychacz na gąsienicach, typu: D<sub>4</sub>, OC 12 lub TD 6.

Jako oznaczników ważnych punktów na trasie linii kablowej używano słupków betonowych o długości 7 stóp (rys. 9). Umieszczano je w punktach złącz, na zakamianach linii, na wierzchołkach pagórków, na skrzyżowaniach dróg, ogrodzeń, rzek i potoków. Jeżeli jeden oznacznik był mało widoczny, umieszczano słupek dodatkowy. Każdy oznacznik miał na frontowej stronie tabliczkę ze znakiem ostrzegawczym o obecności kabla wysokiego na-

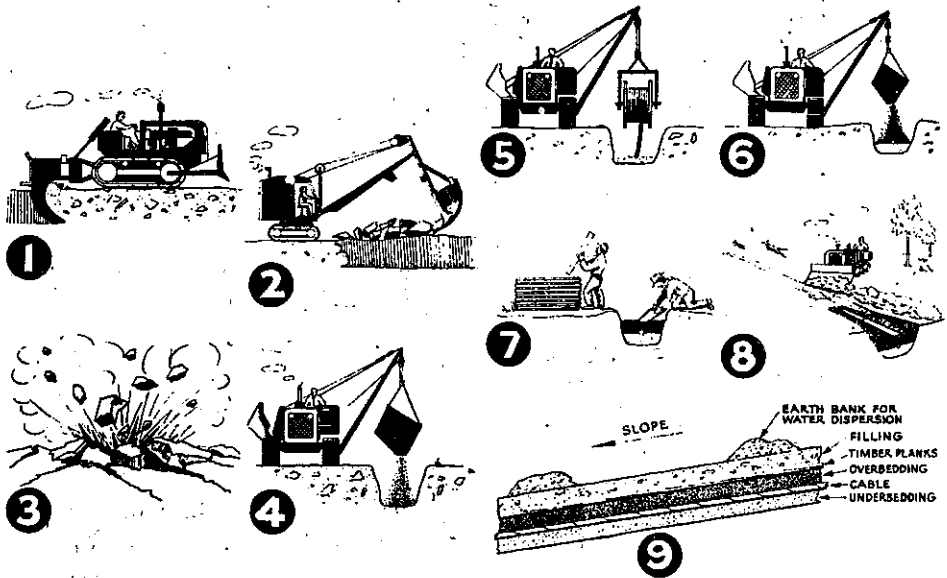


Rys. 9. Prowizoryczne ogrodzenie studni złączowej.  
Z boku widać normalny słupek oznaczeniowy

pięcia. Na daszku słupka znajdowała się tabliczka informacyjna o złączeniu lub innym ważnym punkcie na kablu.

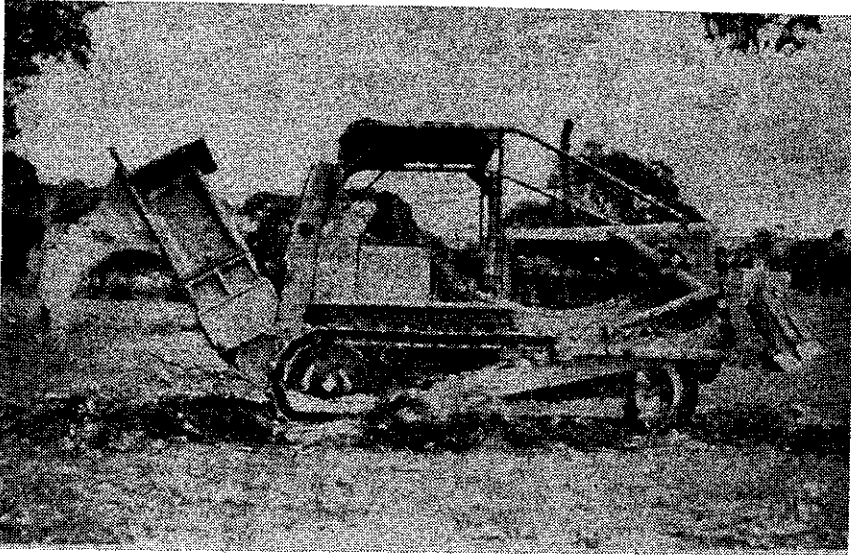
### 2.3. Kopanie rowów kablowych w gruncie skalistym

Tereny skaliste były głównym czynnikiem (wyłączając pogodę) opóźniającym układanie kabla, gdyż były to prace złożone, jak pokazano na rys. 10. W rejonie Canberra zorganizowano nowe brygady robocze do usuwania skał. Taki zespół składał się z około 30 ludzi i był wyposażony: w spychacz HD 16 (rys. 11) zmontowany na ciągniku z pługiem do spulchniania i rozdzierania ziemi, pogłębiarkę 3/4 jarda typu 22 RB, dźwig z bocznym wysięgnikiem, sprzężarkę i pojazdy mechaniczne. Większość liczbowa zespołu stanowili strażakowie i obsługa sprzętów. Opisany zespół



Rys. 10. Rysunek poglądowy objaśniający kolejne fazy układania kabla w gruncie skalistym

- 1 Rozrywanie skał wzdłuż linii budowy
- 2 Usuwanie pokruszonych skał
- 3 Wiercenie otworów i wysadzenie twardych skał, niemożliwych do rozerwania
- 4 Sypanie miękkiego podłoża pod kabel
- 5 Układanie kabla w wykopie
- 6 Przykrywanie kabla warstwą miękkiego piasku
- 7 Nakładanie drewnianego, zabezpieczającego przykrycia
- 8 Zасыpywanie rowu za pomocą spychacza
- 9 Zabezpieczenie kabla przed korozją wód powierzchniowych



Rys. 11. Wygląd zewnętrzny spychacza typu HD 16 na gąsienicach z czterostopowym pługiem - rozrywaczem

mógł ułożyć w terenie skalistym 1 milę kabla w ciągu tygodnia. Według ustalonych norm najmniejsza głębokość układania kabla w terenie skalistym wynosiła około 2 stopy. W praktyce układano kabel głębiej, starano się uzyskać głębokość do 4 stóp, gdyż wtedy unikano częstej zmiany poziomu dna rowu. Aby osiągnąć pełną wymaganą głębokość rowu, stosowano zespół maszyn rozrywających w zaprzęgu jeden za drugim (rys. 12).

Jedną z maszyn napędzających ciągnęła płyta rozrywacza, a druga pchała płytę stanowiącą część pługa. Niekiedy używano trzech ciągników: jeden ciągnący, jeden pchający i ciągnik pługa rozrywacza. Oczywiście, że opisanych metod nie stosowano do rozrywania skał bazalto-



Rys. 12. Widok zestawu (tandem) trzech maszyn rozrywających: jeden ciągnik HD 16 na gąsienicach - pchający, drugi ciągnik HD 16 na gąsienicach ciągnie pług rozrywacz

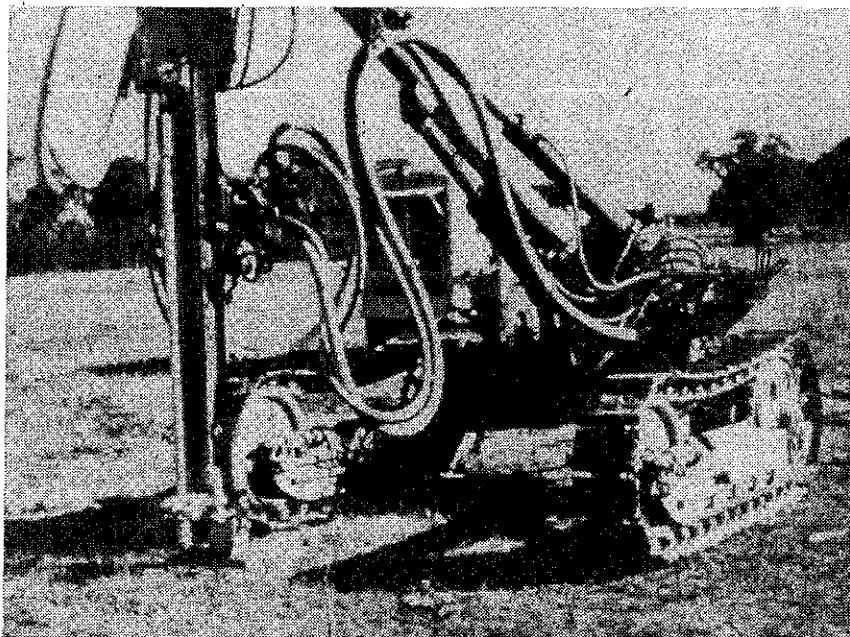
wych, granitowych czy porfirowych. Twarde skały usuwano wierząc otwory i odstrzeliwując (rys. 13) za pomocą ładunków z dynamitem żelatynowym, wyposażonych w lont sznurowy. Opisany sposób stosowano na terenach nie zamieszkałych. W pobliżu zabudowań i ludzkich osiedli nie wysadzano skał za pomocą dynamitu. Do wiercenia otworów w skale używano maszyny wiertniczej na gąsienicach (rys. 14). Wiercenie 5-stopowego otworu o średnicy około 2 cali w bazalcie trwało około 1 minuty. Na trasie odstrzeliwano w jednym czasie do 100 ładunków, każdy ważył około 2 funtów (1 funt = 0,453592 kg) przy średnicy zewnętrznej dwa cale. Wybuchy rozbijały zwarte masy skalne, a wtedy rozrywacze i koparki mogły wykopać rów o szerokości 3 stopy i



Rys. 13. Wsadzenie skał dla utworzenia rowu kablowego w pobliżu miejscowości Wollert w stanie Wiktorja



głębokości 4 stopy. Przy dużej wprawie pracowników rzadko zdarzało się dodatkowe wysadzanie skał z dna wykopu.



Rys. 14. Przyczepa do wiercenia otworów w skałach w celu założenia ładunków dynamitowych

Aby uzyskać dużo spulchnionej miękkiej ziemi do zasypywania wykopu, używano specjalnych grabi do segregowania kamieni. Oddzielano miąż skalny i piasek od większych często ostrych kamieni. Zabieg ten nie zaspokoił potrzeb w rejonie skalistym. Musiano sprowadzić z innych terenów około 5000 jardów sześciennych piasku i innej miękkiej ziemi do zasypywania rowu. Na rys. 15 pokazano sypanie piasku jako podłoża i przykrycia kabla.



Rys. 15. Sypanie piasku do rowu kablowego za pomocą wagonu z otwieranymi klapami. Całość zamontowano na ciągniku typu HD 11 i wyposażono w dźwig z bocznym ramieniem nośnym

Aby zabezpieczyć ziemię i piasek w wykopie przed wymywaniem wodą przysypywano kabel 30-centymetrową warstwą piasku, a na nim układano deski z sosny "radiata" o szerokości 6" i grubości 1" (patrz rys. 1 (7)). Ostateczne zasypanie rowu wykonywały spychacze. Na dużych pochyłościach terenu, dochodzących do  $47^{\circ}$ , układano na równi z powierzchnią zasypanyego rowu kraty betonowe, wypełnione ziemią i zasiewano trawę, aby zapobiec wymywaniu rowów.

#### 2.4. Skrzyżowania z rzekami i potokami

Na trasie kabla o długości ponad 600 kilometrów musiano przekroczyć 17 rzek i około 120 potoków. W większości wykonano przejścia w dnie rzek, za pomocą rur polietylenowych, bez większych przeszkód. Wyjątek stanowiły dwa przejścia: przez rzekę Nepean w Douglas Park i przez rzekę Murrumbidgee w Gundagai, które miały tak trudny dostęp, że uniemożliwiały użycie maszyn. Ponadto w dnach rzek znajdowała się duża ilość skał. Narzędzia, ludzie i materiały przeniesiono na brzegi rzek helikopterem, tzw. "latającym lisem". Kopanie rowu w dnach rzek wykonywano częściowo ręcznie, częściowo narzędziami pneumatycznymi za pomocą sprężonego powietrza, doprowadzonego rurami o średnicy 5 cali.

Z uwagi na skaliste dno zastosowano urządzenia do zatrzymywania w wodzie piasku, uzyskanego w czasie wykopu. W kilku miejscach dna po skruszeniu skał uzyskiwano rowy kablowy przez wydmuchiwanie sprężonym powietrzem wody i piasku. Po ułożeniu kabla w dnie rzeki przykrywano go workami z cementem na całej długości rowu. Te trudne i wymagające specjalizacji prace wykonało przedsiębiorstwo robót rzecznych.

W miejscach skrzyżowania linii z wodami płynącymi używano kabla opancerzonego mocną stalową taśmą, a gdzie wymagano dodatkowego wzmocnienia wytrzymałości na zerwanie, kabel otrzymywał dodatkowy pancerz z wielożyłowego ocynkowanego drutu stalowego. Ten dodatkowy pancerz zakotwiczano w wielu punktach do skał w dnach rzek.

Niektóre szerokie przejścia, jak np. przez rzekę Yass blisko Canberra i potok Hughes w pobliżu Seymour, były wykonane przez pogłębiarkę 22 RB, po uprzednim odprowadzeniu głównego nurtu wód bocznym kanałem, w tym celu wykonanym. Inne płytkie ale szerokie przejścia przez potoki wykonały pogłębiarki 22 RB, albo lekkie pogłębiarki, wybierające ziemię przy ruchu wstecznym.

Prowadzenie kabla w rurach, przymocowanych do konstrukcji mostów drogowych lub kolejowych, wykonano tylko przy przejściach trzech większych rzek. W zasadzie unikano tego rodzaju rozwiązań.

#### 2.5. Szybkość układania kabla



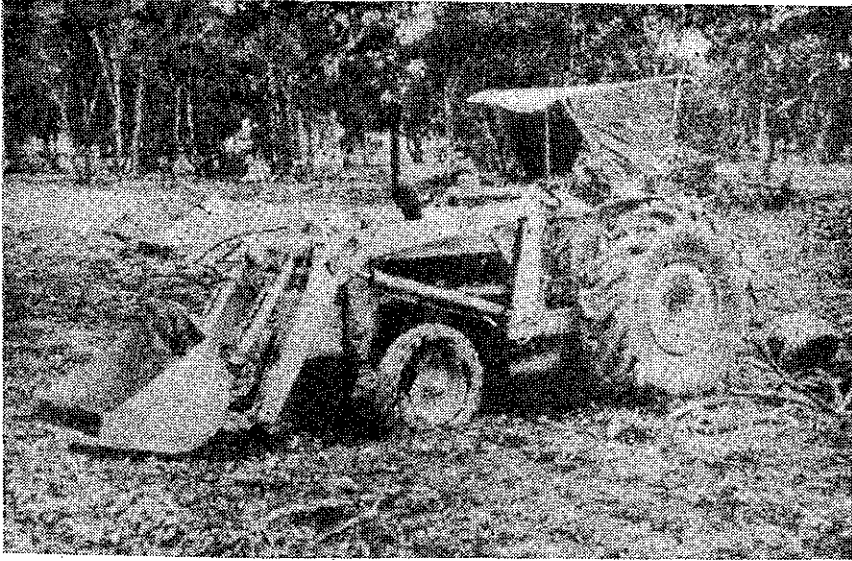
Rys. 16. Układanie kabla za pomocą ciągnika i dźwigu pokazanego na rys. 15

Szybkość układania kabla zależała w dużej mierze od nieprzewidzianych trudności spotykanych na trasie i od okresu, w którym prowadzono prace. W okresie od maja do października 1960 r. układano średnio w miesiącu 27 mil kabla. Od listopada 1960 r. do kwietnia 1961 r. ułożo-

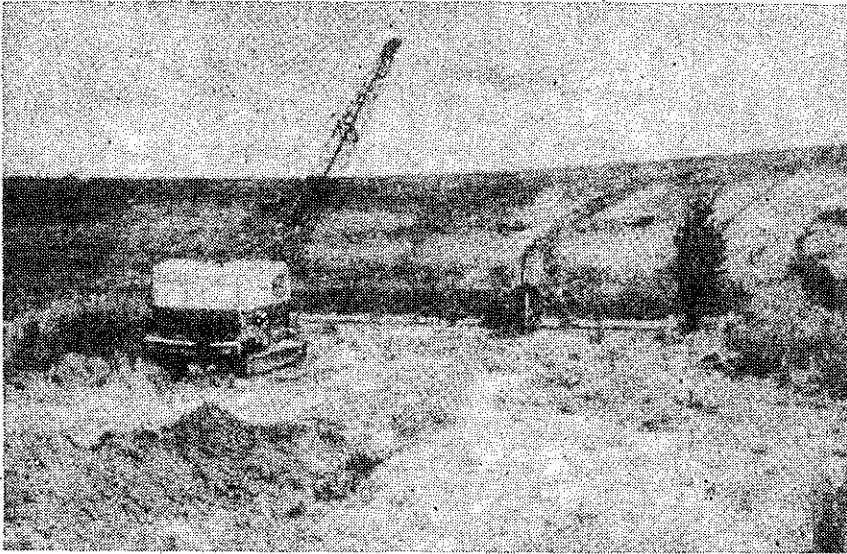


Rys. 17. Przykrywanie kabla w skalnym wykopie deskami zabezpieczającymi.

no 40 mil kabla w miesiącu. Jest to wydajność duża, jeśli się zważy trudności przy wysadzaniu i rozrywaniu skał na najgorszych odcinkach oraz mało wydajny okres świąt Bożego Narodzenia. W marcu 1961 r. ułożono 60 mil kabla. W okresie kwiecień-sierpień 1961 r. układano miesięcznie średnio 35 mil kabla. Dużą szybkość układania kabla w ziemi 1961 r. można zawdzięczać łagodnej zimie w stanie Wiktoria oraz wykorzystaniu doświadczenia poprzedniej zimy.



**Rys. 18. Sprężarka zmontowana na ciągniku; w przedniej części ładowarka**



**Rys. 19. Widok koparki typu 22 RB, pracującej jako zgarniacz linowy /zastosowanej przy potoku Juglong na południe od Yass/**



Rys. 20. Częściowy widok przejścia kabla rurą przez most kolejowy nad rzeką Goulburn w pobliżu Seymour



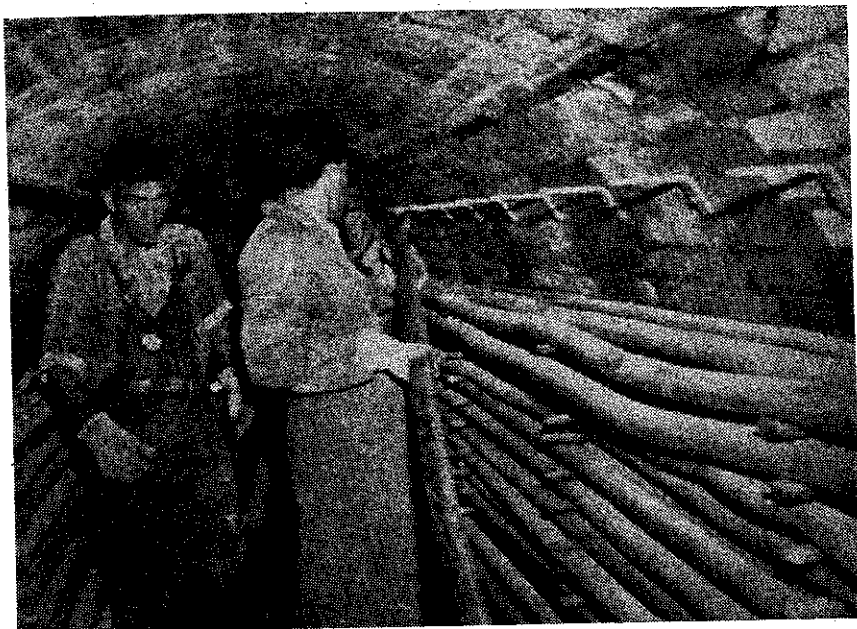
Rys. 21. Podwodne wysadzanie skał w dnie rzeki Nepean przez nurka w Douglas Park

Sposób układania kabla za pomocą dźwigu pokazano na rys. 16, a sposób zabezpieczenia kabla deskami na rys. 17. Rysunki od 18 do 22 podają niektóre rozwiązania techniczne zastosowane przy budowie linii,

#### 2.6. Zaciąganie kabla do kanalizacji

W obszarze miast w przejściach przez rzeki, przy skrzyżowaniach z drogami itp., zaciągano kabel do rur. Prace te wykonywała specjalna grupa ludzi pod kontrolą inspektora linii. Ustalono, że największa siła naciągu kabla





Rys. 22. Zaciąganie pierwszego odcinka kabla do tunelu w Sydney

nie może przekroczyć 2000 funtów, co odpowiadało maksymalnej długości kabla 500 jardów. Wiele odcinków 500-jardowych musiano przeciąć z powodu licznych załamania w kanalizacji lub rurociągach. Stwierdzono, że nawet przy mniejszej ilości załamania często przekraczano dopuszczalną siłę naciągu kabla. Na skutek tego wszystkie zamówione odcinki kabli na budowę linii, poczynając od Bowral w kierunku południowym, były zamawiane wg rzeczywistych potrzeb i nigdy nie przekraczały 300 jardów.

Przez obszar stołecznego miasta Melbourne zaciągnięto do kanalizacji kabel w powłoce aluminiowej z nałożoną koszulką z polichloroku winylu (PCW). Powłoka z plastyków

chroniła kabel przed korozją elektrolityczną, spowodowaną prądami błądzącymi trakcji elektrycznej.

Dużo kłopotów nastęrczało zaprojektowanie prawidłowych, kablowych rolek przewodnikowych w studzienkach. Do końca budowy nie rozwiązano tego zagadnienia w sposób prawidłowy. Na każdym komplecie rolek wbudowano dynamometry do pomiaru siły naciągu kabla (rys. 23). Ustalono,



Rys. 23. Widok samochodu z wciągarką kabla do kanalizacji

że przeciągając kabel przez 3-4 studzienki przekraczano dopuszczalny naciąg 2000 funtów. W studniach stosowano gładkie lejki i łuki przewodnikowe dla kabla. Zapasy potrzebne w każdej studni do wyłożenia kabla na boczne

wsporniki zostały wykonane ręcznie. Unikano ostrych załamania kabla, a tam gdzie było nieuniknione, prowadzono kabel w grubościennnej rurze polietylenowej, przymocowanej za pomocą konstrukcji stalowej do ściany studzienki w celu unieruchomienia kabla. Przeciąganie drążków kanalizacyjnych i linki przeciągowej odbywało się za pomocą maszyny zwanej "Roductor" (rys. 24). Wciąganie kabla do kanalizacji wykonywano kołowrotem z bębniem i linką. Kołowrót był sprzężony z silnikiem napędowym. Trzykrażkowy dynamometr typu hydraulicznej pompy tłokowej ze wskaźnikiem ciśnienia był włączony między linkę ciągnącą i kabel; gdy siła naciągu przekroczyła 2000 funtów, włącznik ciśnienia typu Lockheed odłączył automatycznie zapłon silnika i chronił kabel przed uszkodzeniem. Dzięki temu nie zanotowano do lutego 1962 r. żadnej wady w kablach kanałowych, zaciąganych tym sposobem do kanalizacji. Po ułożeniu kabla w studzienkach oddzielna grupa pracowników zakładała na kabel dwudzielną rurę polietylenową, łączoną na końcach żelaznym przegubowym złączeniem, chroniącym przed wstrząsami (rys. 25).

## 2.7. Wykonywanie złączeń

W Nowej Południowej Walii łączono odcinki kabli współosiowych sposobem opracowanym przez firmę Felten i Guilleaume. Do żył wewnętrznej i zewnętrznej przyspawano przewodniki z rozciętą rurką w celu uzyskania pewnego styku. Do stałego oddzielenia par współosiowych od par symetrycznych stosowano podkładkę bakelitową, wbudowaną w złącze na stałe. Szczelność złącza zapewniała specjalna



Rys. 24. Roductor - maszyna na samochodzie do przeciągania  
lasek przez kanalizację kablową



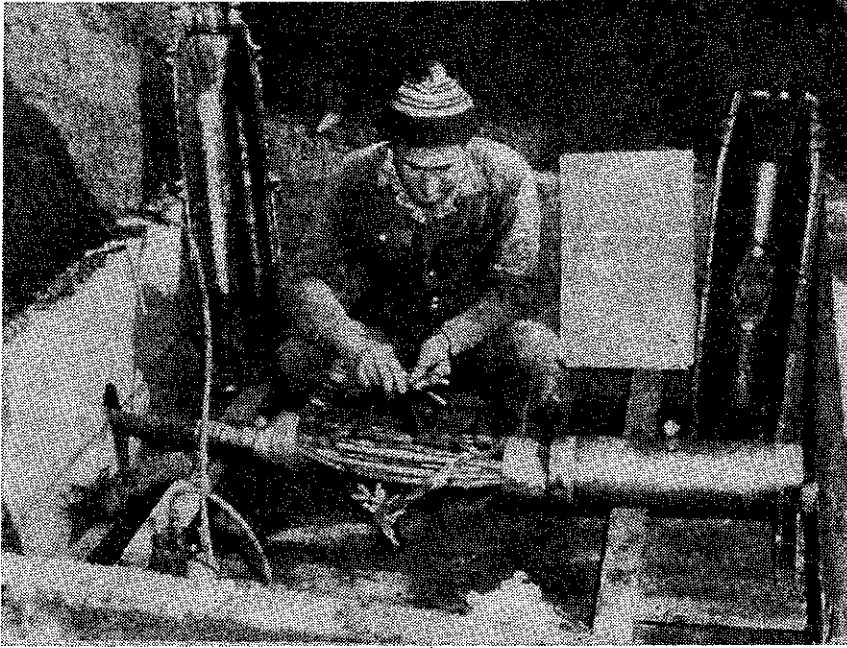
Rys. 25. Widok dwudzielnego połączenia przegubowego, wyko-  
nanego z żeliwa nakładanego na rurę polietylenową dla za-  
bezpieczenia kabla przed wstrząsami w kablowych studniach  
kanalizacyjnych

osłona miedziana pocynowana. Od uszkodzeń mechanicznych chroniła każde złącze ochronna skrzynia żeliwna. Wolną przestrzeń między osłoną a żeliwną skrzynią wypełniano wazeliną mineralną. Zabieg ten chronił przed korozją elektrolityczną. Przy wykonywaniu złączy monterzy pracowali parami. Dwóch kablarzy (monterów) miało do dyspozycji ciężarowy samochód typu "Volkswagen" wyposażony w tablicę z przyrządami pomiarowymi. Średni czas wykonania złącza na 6 parach współosiowych i 32 parach symetrycznych wynosił 1,5 dnia roboczego. Zdolna para kablarzy wykonywała złącze w jednym dniu.

W pierwszej fazie prac łączeniowych powstały trzy przypadki zamknięcia kabla w złączu. Okazało się, że końcówki nasadkowe osłon miedzianych pękały przy łączeniu ich spoiwem srebrnym z powłoką ołowianą kabla. Trudność opanowano, zmuszając kablarzy do ścisłego przestrzegania kolejności lutowania końcówek do powłoki kabla, a następnie końcówek do miedzianej osłony.

Praktycznie udowodniono, że łączenie metodą Felten i Guilleaume jest wolniejsze i kosztowniejsze aniżeli metoda Ericssona. Ponadto metoda Ericssona dawała złącza lepszej jakości. W związku z powyższym zdecydowano, aby na odcinku Albury-Melbourne wszystkie złącza wykonywano metodą Ericssona. W czasie prac ustalono, że jeśli wszystkie prace przygotowawcze, wypompowanie wody, oczyszczenie osłony, usunięcie pancerza i powłoki z końców kabla zostaną wcześniej wykonane, wtedy jeden kablarz wykonuje złącze w jednym dniu (rys. 26).

Wykop przygotowany do układania kabla współosiowego



Rys. 26. Ogólny widok na wnętrze studni złączowej. Z prawej strony rysunku widać na kablu osłonę miedzianą, przy złączu końcówki nasadkowe a z obu stron kablarza połówki mufy żeliwnej

wykorzystano do ułożenia kabli symetrycznych (około 200 mil kabli o pojemności od 28 do 216 par symetrycznych). Wszystkie złącza spoczywały w studniach złączowych na stalowych, ocynkowanych ceownikach, przymocowanych do ścian studni. Pokrywy studzien wykonano z żelazobetonowych płyt, opartych na ścianach studni i na stalowej, poziomej belce w kształcie litery T.

## 2.8. Pupinizacja kabla

Pary do telefonii na częstotliwościach nośnych nie były pupinizowane. Wszystkie pary do telefonii na częstotliwościach akustycznych pupinizowano cewkami o indukcyjności 88 mH. Odcinek pupinizacyjny wynosił 6000 stóp. Skrzynie pupinizacyjne zakopano w ziemi tak na kablu ziemnym, jak i kanałowym.

Na odcinku Sydney-Campbelltown pupinizowano tylko 6 par kontrolnych.

## 2.9. Wprowadzanie kabli do stacji wzmacniakowych

Przy wprowadzaniu kabli na stacje wzmacniakowe, kabel współosiowy dalekosiężny dzielono w szafkach rozdzielczych na 6 jednoparowych kabli współosiowych i 3 kable symetryczne, 12-parowe, o izolacji papierowo-powietrznej. Każdy jednoparowy kabel współosiowy ma izolację polietylenową pełną i jest giętki. Wprowadzone są one na podstacjach wzmacniakowych (obsługiwanych na stojaku zasileniowym) na filtr rozdzielczy zasilania. Przegrody gazoszczelne wykonywano przed jednoparowymi kablami współosiowymi za pomocą metalowo-szklanej zapory w szafce rozdzielczej. W zasadniczych (obsługiwanych) stacjach wzmacniakowych<sup>1)</sup> jednoparowe kable współosiowe z szafek rozdziel-

---

<sup>1)</sup> Autorzy odróżniają tu 3 rodzaje stacji wzmacniakowych:

- 1) stacje zasadnicze obsługiwane (main attendel station),
- 2) podstacje obsługiwane (minor attended station),
- 3) stacje nieobsługiwane (unattended station).

czych są wprowadzane na panel w górnej części stojaka rozdzielczego (głowicowego), skąd dołączone są do stojaka zasileniowego. Panel ten umożliwia dołączanie się do toru oraz stanowi punkt przełączeniowy w stacji bez potrzeby rozlutowywania jakiegokolwiek połączenia współosiowego. 12-parowe kable symetryczne o izolacji żył papierowo-powietrznej pozwalają na rozdzielenie torów akustycznych od torów nośnych. Są one wyprowadzone na głowice kablów zamieszczone na stojakach głowicowych lub sąsiednich stojakach zakończeniowych. Z głowic tory mogą być dołączone do urządzeń lub wprowadzone w razie potrzeby na wzmacniaki. Większość głowic wypełniona jest mieszaniną wosku pszczelego i żywicy (wg praktyki niemieckiej), a gazoszczelna przegroda z żywicy epoksydowej wykonywana jest przy wejściu kabla do głowicy. Z powodu trudności w uzyskaniu rzeczywiście szczelnych przegród gazoszczelnych, w późniejszych instalacjach głowice kablów były całkowicie wypełnione żywicą epoksydową.

## 2.10. System kontroli ciśnieniowej

Zastosowano system z automatycznym dopełnianiem gazu. W każdej podstacji wzmacniakowej (obsługiwanej) zainstalowano zbiorniki gazu o pojemności 220 stóp sześciennych. Zbiorniki połączone na stałe z kablami za pomocą zaworów redukcyjnych na obie strony stacji wzmacniakowej. Stacja dozoru posiadała urządzenia zdalnej sygnalizacji i kontroli sekcji ciśnieniowych. Wyposażenie systemu składało się z kompletu urządzeń do pomiaru i automatycznej regulacji ciśnienia na każdej dozorowanej i niedozorowa-



nej stacji, mierników ilości przepływającego gazu, osusz-  
ników, zaworów kontrolnych, dodatkowej tablicy rozdziel-  
czej, wyposażonej w manometr sygnałowy z elektrycznymi  
stykami alarmu i zawór bezpieczeństwa.

## 2.11. Organizacja pracy wykonywania złąc i pomiarów na odcinku wzmacniakowym

Kompletny program prac, które należało wykonać na da-  
nym odcinku wzmacniakowym, zawierał:

1. Próba izolacji napięciem probierczym na odcinkach  
fabrykacyjnych po ułożeniu kabli,
2. Wstępne łączenie odcinków kabli,
3. Wstępne pomiary przed symetryzacją,
4. Symetryzacja par w rdzeniu kabla w zakresie czę-  
stotliwości akustycznych i wyrównywanie odchyleń pojem-  
ności skutecznych,
5. Włączanie cewek pupinizacyjnych i wprowadzanie ka-  
bli do stacji wzmacniakowych,
6. Symetryzacja torów nośnych na długości odcinków  
wzmacniakowych,
7. Końcowe badania odbiorcze na kompletnych odcinkach  
wzmacniakowych.

### 2.11.1. Próba napięciowa izolacji

W celu zbadania stanu izolacji między wewnętrzną i  
zewnętrzną żyłą kabla współosiowego przykładano na dwie

minuty do zakończenia pary współosiowej każdego ułożonego odcinka napięcie zmienne 3000 V. Pomiary wykonywano możliwie zaraz po ułożeniu kabla. W ten sposób wykrywano uszkodzenia mechaniczne i usuwano je przed wykonywaniem złączy na poszczególnych odcinkach. Opisane badanie wykonywał monter kablowy przy użyciu 12-woltowej baterii i przekształtnika napięcia stałego na zmienne o wartości 3000 V,

### 2.11.2. Wstępne łączenie kabli

Po próbie napięciowej izolacji żył w odcinkach, wykonywano wszystkie złącza z wyjątkiem złącz w punktach pupinizacyjnych.

W punktach symetryzacji dołączono w złączach krótkie przewody o izolacji z masy termoplastycznej do wygodnego dołączania kondensatorów wyrównawczych w czasie symetryzacji.

### 2.11.3. Pomiary wykonywane przed symetryzacją torów

Po ukończeniu wstępnego łączenia linia składała się z odcinków pupinizacyjnych o długości 6000 stóp. Na każdym odcinku wykonywano pomiary oporności pętli, oporności izolacji asymetrii oporności na parach współosiowych i symetrycznych oraz pojemności skutecznej par symetrycznych o izolacji papierowo-powietrznej, przeznaczonych do spupinizowania. Wyniki naniesiono na arkusz pomiarów, aby można było ustalić różnice między pojemnościami sąsiednich odcinków, korygowane później przez włączanie odpowiednich kondensatorów wyrównawczych.

#### 2.11.4. Symetryzacja torów akustycznych

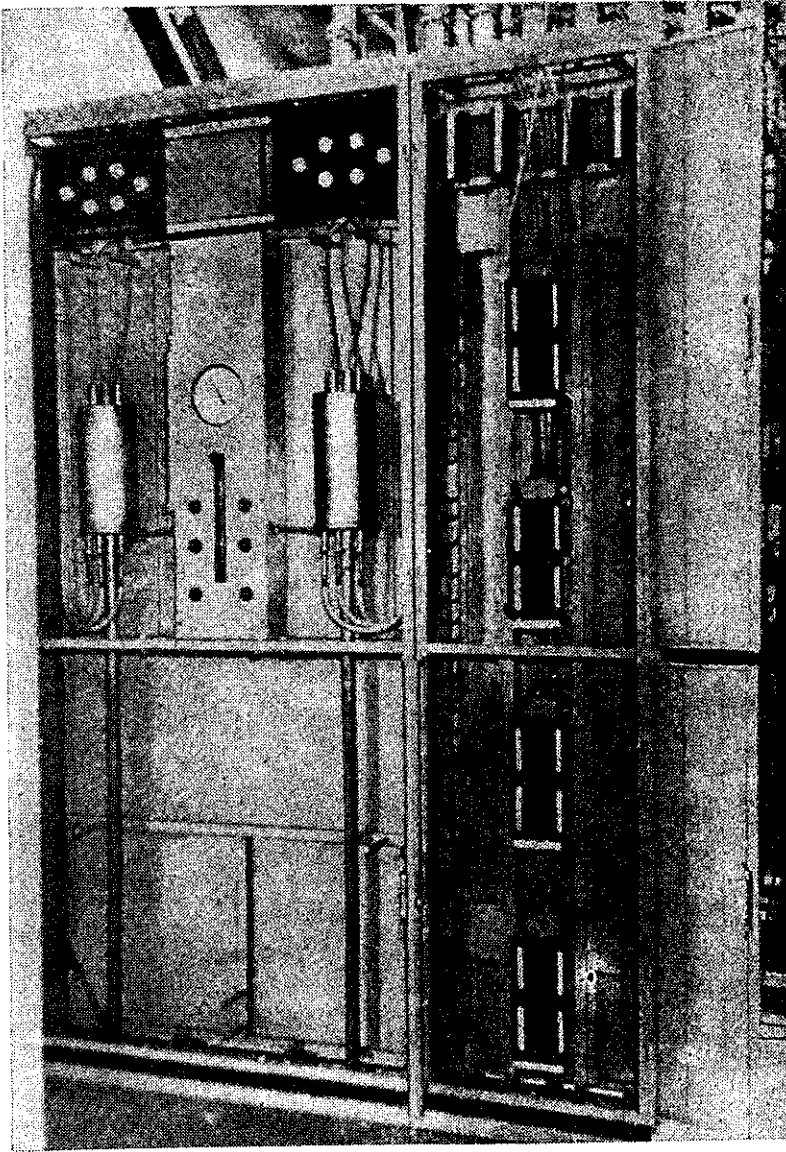
Najpierw mierzono asymetrie pojemności (sprzężenia pojemnościowe) w czwórkach i między czwórkami (dla torów akustycznych), a następnie kompensowano je kondensatorami, aby uzyskać wymagane wartości tłumienności przesłuchowej. Jednocześnie korygowano także pojemność skuteczną, aby otrzymać bardziej regularny przebieg oporności falowej wzdłuż całego odcinka pupinizacyjnego, a tym samym uzyskać wymaganą tłumienność wynikową łącza. Pomiarów wykonywał starszy technik, podając monterowi wartość kondensatora do włączenia.

#### 2.11.5. Włączanie cewek pupinizacyjnych

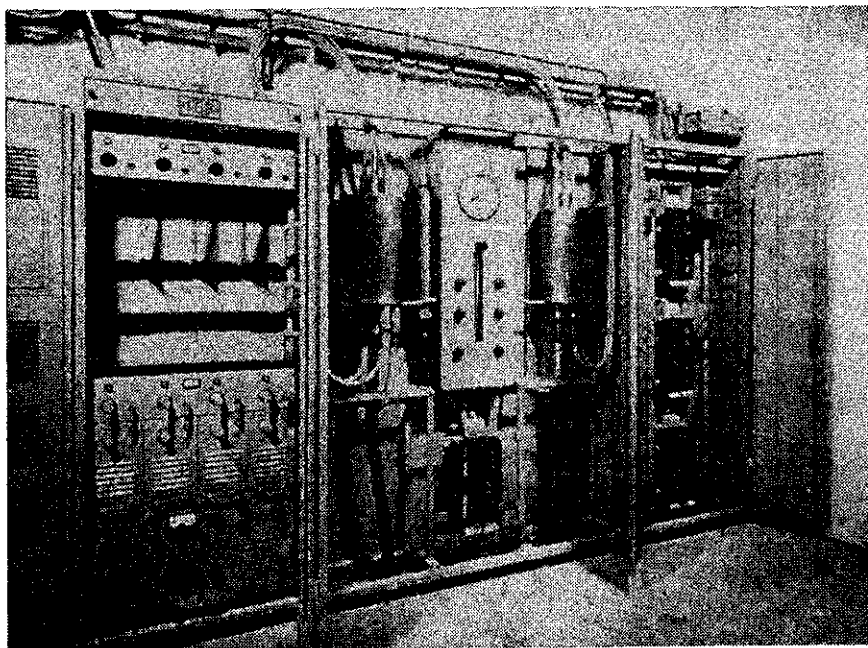
Po zakończeniu symetryzacji torów symetrycznych w paśmie częstotliwości akustycznych, wmontowano w punktach pupinizacyjnych cewki o określonej indukcyjności na torach macierzystych i pochodnych i wprowadzono kable do stacji wzmacniakowych. Na stacjach wzmacniakowych kabel był zakończony w złączu rozdzielczym (rys. 27), które nie było na stałe uszczelnione aż do zakończenia symetryzacji torów nośnych.

#### 2.11.6. Symetryzacja torów nośnych

W projekcie ustalono, że budynki stacji wzmacniakowych dla torów współosiowych będą wykorzystane jako stacje wzmacniakowe dla torów nośnych symetrycznych, a więc każdy odcinek wzmacniakowy (rys. 28) między podstacjami



Rys. 27. Widok stojaka głowicowo-kontrolnego na głównej stacji wzmacniakowej. Z lewej strony rysunku widać głowice rozdzielcze kabla współosiowego, między nimi urządzenia do kontroli ciśnieniowej kabla, z prawej strony pokazano łączówki głowic kabla symetrycznego



Rys. 28. Wyposażenie zakończenia kabla na mniejszej stacji wzmacniakowej. Z lewej strony pokazano stojak zdalnego zasilania stacji niedozorowanych

wzmacniakowymi był sekcją symetryzacyjną torów nośnych. Wszystkie tory nośne były symetryzowane przy częstotliwości 110kHz. Prace pomiarowe wykonywał starszy technik z technikiem. Monterzy dokonywali krzyżowań żył i włączali kondensatory i oporniki wyrównawcze. Po symetryzacji złącza rozdzielcze były uszczelniane na stałe, a odcinek wzmacniakowy napełniany był suchym powietrzem.

#### 2.11.7. Końcowe badania i odbiór

Po ukończeniu symetryzacji torów nośnych, wykonywano odbiorcze badania i pomiary wszystkich przepisanych wa-

runkami wielkości charakterystycznych kabla na odcinkach między stacjami wzmacniakowymi nieobsługiwanymi. Po wykonaniu tych pomiarów na wszystkich odcinkach, w odcinku między zasadniczymi stacjami obsługiwanymi mierzono tory akustyczne między tymi stacjami. Badania odbiorcze są wpisywane szczegółowo w protokoły badań.

### 3. OBSŁUGA I NAPRAWA MASZYN

Obsługę polową i naprawę różnego rodzaju maszyn i mechanicznych środków lokomocji wykonywał zespół mechaników, kierowany i kontrolowany przez inspektora i majstra-mechanika. Główna baza polowego warsztatu i magazyny części zapasowych znajdowały się w barakach przy trasie linii. Poza ogrodzeniem bazy znajdowały się w barakach pomieszczenia dla personelu bazy i grupy do rozszadzenia twardych skał.

Chociaż wszystkie będące w użyciu maszyny wymagały ciągłej opieki, to jednak koparki stanowiły główny punkt uwagi i wysiłku załogi. Te kluczowe maszyny były najbardziej narażone na uszkodzenia lub zniszczenia różnych części roboczych. Codziennie wymieniano wiele zębów w koparkach, napędowe koła zębate, śruby, kliny, gąsiennice. Zanotowano 50 uszkodzeń dyferencjałów przy stale zatrudnionych siedmiu koparkach.

W dalszej fazie robót producenci koparek stwierdzili zbyt delikatną budowę dyferencjałów, ale na zmianę konstrukcji było już za późno. Departament Samochodowy zwrócił baczną uwagę na ten problem. Zdecydowano wbudować do jednej z koparek dyferencjał z ciągnika. Wynik był zado-

walający. Od tego czasu nie było dłuższych przestojów w pracy z powodu uszkodzenia dyferencjału koparki.

Z biegiem czasu mechanicy stali się specjalistami i każde uszkodzenie było szybko naprawiane tym bardziej, że był już dostateczny zapas najbardziej niszczących się części zamiennych. Mechanicy opracowali i zbudowali wózek-przyczepę samochodową, na której przewożono części zamienne i zespoły dyferencjału. W przypadku zgłoszenia uszkodzenia dyferencjału koparki samochód z wózkiem przyjeżdżał na miejsce budowy, wózek wtaczano pod koparkę i szybko wymieniano dyferencjał.

W pierwszej fazie robót wyposażono koparki typu Barber Greene w tnące zęby typu gniazdowego. Praktyka wykazała, że zęby szybko niszczyły się a ich wymiana była pracochłonna. Po wielu próbach zdecydowano wprowadzić do koparek zęby tnące typu wkładanego, gdyż pracowały dłużej, a ich wymiana trwała znacznie krócej niż przy rozwiązaniu poprzednim (10 minut w stosunku do 45 minut).

Napełnianie zbiorników paliwa w koparkach i samochodach odbywało się w czasie pracy za pomocą dwóch zbiorników o pojemności 500 galonów (1 galon = 4,545963 l) każdy, poruszających się wzdłuż odcinka budowy.

#### 4. ŁĄCZNOŚĆ W TERENIE

Łączność pomiędzy obozem, inżynierami, inspektorami, personelem obsługi maszyn i brygadami roboczymi była utrzymana za pomocą ruchomego systemu radiowego. Pod tym kątem dokonywano wyboru terenu pod budowę obozów. W

użyciu były trzy systemy. Dwa z nich to system radiowy pracujący na dwóch częstotliwościach przy użyciu wzmacniaczy. Trzeci system pracujący na jednej częstotliwości obsługiwany ze stacji podstawowej. Był to system niezbyt udany i wykazujący wiele błędów w eksploatacji. Urządzenia systemu dwóch częstotliwości pracowały ze wzmacniaczami i były zmontowane na przyczepie samochodowej, ustawionej w miejscu najlepszego zasięgu. Do obsługi i konserwacji tych trzech systemów zatrudniono radio-technika.

## 5. ZAMAWIANIE I DOSTAWA MATERIAŁÓW

Zamawianie i dostawę materiałów prowadziły skutecznie przez cały czas budowy Oddział Magazynów i Oddział Transportu. Przed rozpoczęciem prac szczegółowo przedyskutowano sposoby, terminy dostawy oraz rodzaj i ilości potrzebnych materiałów podstawowych, pomocniczych i części zamiennych. Dyskusje prowadzili pracownicy z Oddziałów: inżynierskiego, magazynów i transportu. Do Oddziału Zapotrzenia (Magazynów) przydzielono dwóch inspektorów, z których jeden miał troszczyć się o zamawianie i dostawę do miejsc budowy części maszyn, drugi był odpowiedzialny za terminowe zamówienie i dostawę innych materiałów. W dwóch stolicach stanów znajdowały się dwa główne magazyny oddziałowe. Regionalne magazyny były tworzone przy obozach. Dostawę materiałów prowadził Oddział Transportu. Duży samochód ciężarowy był w stałym kontakcie z magazynem oddziałowym i magazynami regionalnymi.



Najcięższym przewożonym przedmiotem był odcinek kabla współosiowego o ciężarze 10000 ton. Do miejsca budowy musiano dostarczyć na odległość setek mil tysiące ton innych materiałów, jak np.: bramki, skupy bramkowe, betonowe prefabrykaty studzienek, skrzynie złączowe, szypki oznaczeniowe, piasek do zasypywania wykopu w gruncie skalistym, cement do przejść przez rzeki, rury stalowe o różnych średnicach itp.

## 6. WSKAZÓWKI I PRAKTYCZNE WNIOSKI WYCIĄGNIĘTE W CZASIE BUDOWY

W czasie budowy linii kablowej zdobyto duże doświadczenie praktyczne, które może posłużyć w przyszłości przy innych budowach. Niektóre z nich odnoszą się wyłącznie do budowy linii Sydney-Melbourne, inne znów mogą znaleźć zastosowanie w każdym przypadku.

1. W każdej inwestycji, gdzie wymaga się szybkiego tempa robót należy przed rozpoczęciem prac zgromadzić odpowiednią kadre fachowców i przygotować ich technicznie do zadania. Zgromadzić w odpowiednich punktach odpowiednią do zapewnienia ciągłości robót ilość materiałów, sprzętu i środków transportu. Każdy pośpiech bez należytego przygotowania jest wysoce nieekonomiczny.

2. Ułożyć szczegółowe harmonogramy prac dostosowane do zmian pogody tak, aby nie było zaburzeń w normalnej pracy brygad roboczych. Stwierdzono, że w okresie deszczowych miesięcy koszty robocizny na jednostkę były dwa razy większe od kosztów układania kabla w czasie pogody.

3. Utrzymać wśród załogi wysoki poziom moralny przez planową organizację pracy i warunki bytowe poza pracą. Zorganizować ścisły nadzór i wszechstronną opiekę. Rozwijać wśród członków załogi poczucie osobistej odpowiedzialności i lojalności do pracy. Cenić wysoko osobisty, indywidualny entuzjazm do pracy.

4. Nie oszczędzać i nie ograniczać nadzoru. Każdy dodatkowy inspektor czy inżynier kosztuje około 2000 funtów rocznie i ta suma może być wielokrotnie zwrócona przy zapewnieniu prawidłowego nadzoru robót. Nawet najlepszy zespół roboczy nie pracuje dobrze bez ścisłego nadzoru przez starszego, taktownego i zdolnego w zawodzie pracownika.

5. Unikać szerokiego rozrzutu robót w terenie. Brygada skupiona na wzrokowo kontrolowanym odcinku pracuje bezpieczniej i wydajniej. Skupienie zapewnia lepsze współżycie członków załogi.

6. Rozwijać u wszystkich pracowników nadzorujących i kierowniczo-kontrolnych umiejętność zwięzłego, jasnego i całkowitego przekazywania poleceń i instrukcji. Częste zaburzenia w pracy wynikają z niejasnego przekazywania poleceń.

7. W czasie układania kabla nauczyć i wpoić w załogę i pion nadzorujący, aby meldowano natychmiast o każdym wiadomym uszkodzeniu kabla. Usunięcie zgłoszonego w czasie budowy uszkodzenia jest wielokrotnie prostsze i tańsze aniżeli późniejsza lokalizacja i odkopywanie zamkniętego kabla.

8. Jeżeli istnieje wybór między bardziej szczegółowym i mniej dokładnym projektem, należy zawsze wybrać bardziej szczegółowy, gdyż w czasie pracy jest on bardziej ekonomiczny (np. bardziej dokładne wytyczanie linii, oznaczenie miejsc złączy, lokalizacja bramek z podaniem szczegółów rozwiązań konstrukcyjnych itp. są w stadium budowy linii bardziej pożądane).

9. Do budowy linii na przełaj projektować i używać pojazdów mechanicznych o czterokołowym napędzie. Również wszystkie maszyny zatrudnione w polu powinny być na szerokich gąsienicach, aby mogły się poruszać w dowolnym gruncie i w różnych warunkach atmosferycznych.

10. Planować szczegółowo wszystkie fazy pracy, aby uniknąć dużej straty czasu przy wykonywaniu prac w terenie, np. nie opracowano szczegółowo projektu symetryzacji torów w zakresie częstotliwości akustycznych. Skutek był taki, że grupy pomiarowe i monterzy wykonywali te prace prawie dwa razy dłużej.

11. Należy wysoko cenić rady i wskazówki innych, ale nie przyjmować ich ślepo i bezkrytycznie choćby pochodziły od doświadczonych ekspertów, gdyż nigdy nie wiadomo czy nie zostały bezkrytycznie przyjęte od innych i bez sprawdzenia.

12. W pracach projektowych i wykonawstwie robót cenić wysoko zdobyte doświadczenie praktyczne, osiągalne często poważnym nakładem kosztów. Należy je umieć w jak najwłaściwszy sposób szeroko wykorzystać.

