

STEFANIA PACHELSKA

528.48:625.78

Badania i ocena przydatności niektórych wykonanych w Polsce wykrywaczy urządzeń podziemnych

1. Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat w kraju i za granicą dał się zauważyć gwałtowny wzrost zainteresowania problemem aparatury elektronicznej do lokalizowania przewodów podziemnych. W Polsce wyraziło się to m.in. przez zorganizowanie dwu konferencji naukowo-technicznych SGP w NOT oraz przez opublikowanie wielu artykułów na omawiany temat. W roku 1962 odbyła się Konferencja XXIV pt. „Inwentaryzacja i lokalizacja miejskich urządzeń podziemnych” a w roku 1963 Konferencja XXIX pt. „Inwentaryzacja i ewidencja urządzeń podziemnych w zakładach przemysłowych”.

Zainteresowanie inwentaryzacją urządzeń podziemnych ma następujące podstawy:

1. Szereg zakładów przemysłowych oraz miast wybudowanych w latach przedwojennych nie posiada map inwentaryzacyjnych.

2. Dla rozbudowy tych obiektów i związanej z nią rozbudowy sieci urządzeń podziemnych istnienie map inwentaryzacyjnych uzbrojenia terenu jest rzeczą niezbędną.

3. Sporządzenie takich map metodami bezpośrednimi wymaga między innymi wykonania szeregu tzw. odkrywek poszukiwawczych, co z kolei znacznie zwiększa koszty prac inwentaryzacyjnych, stwarza niebezpieczeństwo uszkodzenia urządzeń oraz może stanowić niebezpieczeństwo dla personelu wykonującego odkrywki (np. w przypadku kabli wysokiego napięcia).

Stosowanie wykrywaczy elektronicznych nie pozwala na całkowite wyeliminowanie odkrywek, ale w każdym razie winno umożliwiać znaczne ograniczenie ich ilości. Zastosowanie to jest uwarunkowane m.in. zasięgiem i dokładnością wykrywaczy, co poza właściwościami eksploatacyjnymi jest przedmiotem niniejszego artykułu.

Wykrywacze urządzeń podziemnych zwane również lokalizatorami lub szukaczami wywodzą się od wykrywaczy uszkodzeń urządzeń podziemnych. Pozwalają one zlokalizować na powierzchni terenu miejsce poszukiwanego urządzenia oraz wyznaczyć głębokość jego posadowienia i średnicę.

W zasadzie wykrywacze mogą wykrywać urządzenia o konstrukcji metalowej: żeliwne, stalowe, ołowiane, tj. urządzenia przewodzące prąd elektryczny, jednak przez wykonanie pewnych czynności dodatkowych staje się możliwe wykrywanie także urządzeń niemetalowych. Przewody niemetalowe, jak: rurociągi, kanały itp. wykonane z azbestocementu, tworzywa sztucznego, betonu, żelazobetonu, kamionki, drewna czy kamienia możliwe są do wykrycia:

1) po zwiększeniu przewodności wody przez dodanie do niej soli, kwasu lub zasady (jony tych związków dobrze przewodzą prąd elektryczny),

2) umieszczeniu linki metalowej wewnątrz niemetalowego rurociągu lub kanału albo w jego pobliżu.

Powyższe sposoby stosowane są przy wykrywaniu dawniej budowanych przewodów niemetalowych. Obecnie w wielu krajach przygotowuje się w czasie produkcji lub montażu przewodów niemetalowych do późniejszego łatwego wykrycia przy użyciu urządzeń elektronowych. W tym celu zaopatruje się przewód niemetalowy w linki lub druty metalowe — układając je pod, nad lub z boku przewodu (najlepiej układać linkę metalową w płaszczyźnie osi podłużnej urządzenia niemetalowego).

W większości istniejących w kraju i za granicą typów wykrywaczy podstawowymi elementami są dwie stacje:

1) stacja wysyłająca impulsy elektromagnetyczne, tzw. nadajnik,

2) stacja odbierająca impulsy po ich przejściu trasą przewodu podziemnego, tzw. odbiornik.

Przekazywanie impulsów nadajnika do przewodu podziemnego może być dokonane dwiema metodami:

1) sprzężenia galwanicznego, polegającego na bezpośrednim połączeniu nadajnika i przewodu — tzw. metoda galwaniczna,

2) sprzężenia indukcyjnego nie wymagającego bezpośredniego podłączenia do badanego przewodu — tzw. metoda indukcyjna.

Sprzężenie galwaniczne urządzenia podziemnego ma zastosowanie w przypadku bogato uzbrojonego terenu, kiedy przy sprzężeniu indukcyjnym nie możemy wyraźnie rozróżnić impulsów przewodzonych przez wykrywaną instalację podziemną. Metoda galwaniczna jest bardziej pracochłonna (konieczność wykonywania uziemień) niż metoda indukcyjna.

Sposób sprzężenia indukcyjny czy galwaniczny nie wpływa na dokładność wykrywania przewodu.

Aktualnie istnieją następujące wykrywacze produkcji krajowej:

1) wyszukiwacz trasy kabli i rurociągów, typ EW-4, produkcji Technicznej Spółdzielni Pracy „Energia” w Warszawie;

2) lokalizator trasy kabla, typu AEK-1, skonstruowany przez Zakład Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej;

3) wykrywacz o częstotliwości roboczej 66 kHz wykonany przez Zakład Radiotechniki Odbiorczej Politechniki Gdańskiej;

4) aparatura do ustalania położenia przewodów i wykrywania przecieków. Komplet składa się z czterech aparatów:

- a) aparat o częstotliwości roboczej 68 kHz do wykrywania tras przewodów i rurociągów, tzw. Poltras,
- b) aparat o częstotliwości akustycznej 1 kHz do wykrywania krótkich i płytko położonych instalacji podziemnych,
- c) aparat do wstępnego wykrywania miejsca nieszczelności instalacji,
- d) aparat do szczegółowej lokalizacji nieszczelności.

Powyższa aparatura jest produkowana przez Stacje Filtrów i Wodociągów w Warszawie. Do celów inwentaryzacji geodezyjnej zastosowanie ma tylko Poltras;

5) lokalizator podziemnych ciągów metalowych typ LR-1 skonstruowany w Katedrze Geodezji Wyższej i Obliczeń Geodezyjnych AGH w Krakowie;

6) przyrząd do wykrywania tras urządzeń podziemnych STU-2, produkcji Zakładów Elektroniki Górniczej w Tychach.

Przyrządy wymienione w punktach 2, 3, 4, 5 oparte są na zasadach konstrukcyjnych zastosowanych w niemieckim wykrywaczu Ferroluks produkcji Seba w NRF. Działanie tych przyrządów polega na zasadzie wykrywania zmiennego pola magnetycznego wokół poszukiwanego przewodu. Wszystkie te przyrządy mogą pracować dwiema metodami: galwaniczną i indukcyjną, których opis będzie podany poniżej.

Wykrywacze wymienione w punktach 1 i 6 działają na zasadzie podobnej (opis działania szukacza STU-2 podany poniżej), ale można nimi pracować tylko metodą galwaniczną.

Wykrywacz EW-4 był pierwszym wykrywaczem wyprodukowanym seryjnie w Polsce. Ze względu na niedoskonałość urządzenia produkcja jego została zaniechana.

2. Wykrywacze typu Poltras i LR-1

2.1. Opis konstrukcji wykrywacza typu Poltras

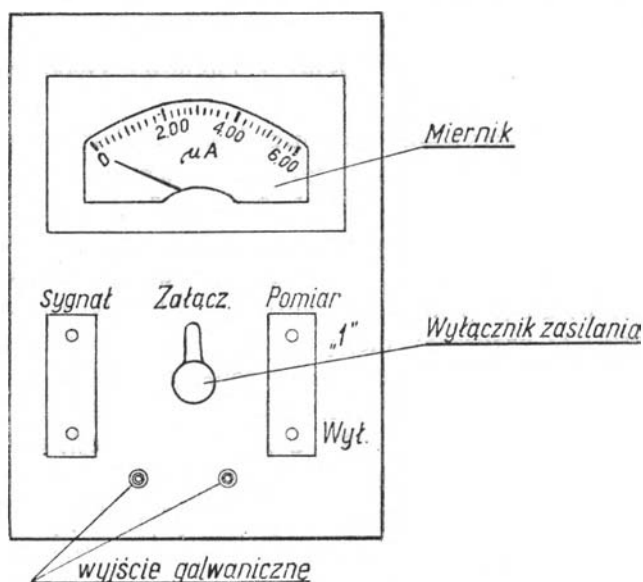
Poltras jest elektronowym wykrywaczem rurociągów i kabli. Według założeń wykrywacz Poltras powinien wykrywać również odgałęzienia, skrzyżowania oraz głębokość i średnicę przewodu. Wskazania przyrządu są niezależne od rodzaju gruntu i nawierzchni. Zasięg działania w głąb do 4 m.

Aparatura przygotowana jest do pracy na częstotliwości 68 kHz. Pracuje przy podłączeniu indukcyjnym i galwanicznym. Zespół obsługujący składa się z dwóch osób, z których jedna obsługuje nadajnik, druga zaś odbiornik (ponadto dwie osoby sygnalizują odszukaną trasę przewodu i wykonują pomiar).

Aparat składa się z czterech zasadniczych części:

- nadajnik,
- odbiornik,
- antena odbiorcza,
- słuchawki.

Nadajnik (rys. 1) jest generatorem wytwarzającym drgania sinusoidalne o częstotliwości 68 kHz, połączonym z anteną kierunkową (ramową),



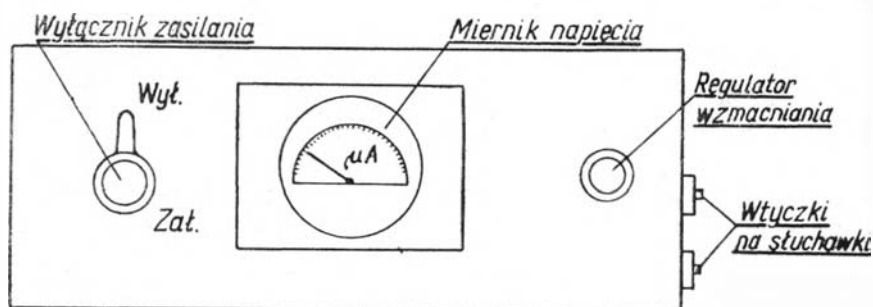
Rys. 1. Nadajnik wykrywacza Poltras

umieszczoną w drewnianej obudowie. Wytwarzane pole rozprzestrzenia się w sposób ciągły. Płyta czołowa nadajnika zawiera: wskaźnik działania nadajnika i napięcia baterii, miernik elektryczny, dwa przełączniki przechylne „sygnał — pomiar” oraz gniazdka radiowe „wyjście”, które umożliwia galwaniczne połączenie nadajnika z przewodem.

Odbiornik (rys. 2) dokonuje odbioru impulsów emitowanych przez nadajnik. Na płycie czołowej znajdują się: mikroamperomierz o czułości 250 μA , potencjometr, wyłącznik zasilania oraz gniazdka radiowe do podłączania słuchawek. Odbierany sygnał nadajnika po wzmacnieniu we wzmacniaczu niskiej częstotliwości przekazywany jest do słuchawek ra-

diowych, gdzie słyszany jest jako dźwięk przerywany lub ciągły o określonej wysokości. Na ścianie bocznej odbiornika znajdują się gniazda do podłączenia anten odbiorczych.

Antena odbiorcza jest cewką ferrytową nawiniętą na pręty ferrytowe. Cewka i odpowiedni układ kondensatorów tworzą obwód rezonansowy



Rys. 2. Odbiornik wykrywacza Poltras

dostrojony do częstotliwości nadajnika. Inne częstotliwości są silnie tłumione. Zmiana częstotliwości nadajnika lub rozstrajanie obwodu rezonansowego anteny wpływa szkodliwie na czułość układu pomiarowego.

2.2. Opis konstrukcji lokalizatora typu LR-1

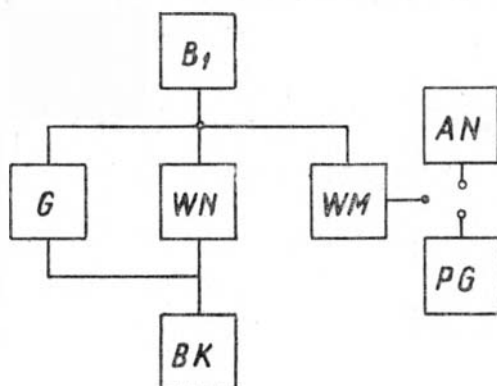
Przyrząd LR-1 składa się z następujących zasadniczych części:

- nadajnik z anteną ramową,
- odbiornik,
- antena odbiorcza,
- słuchawki.

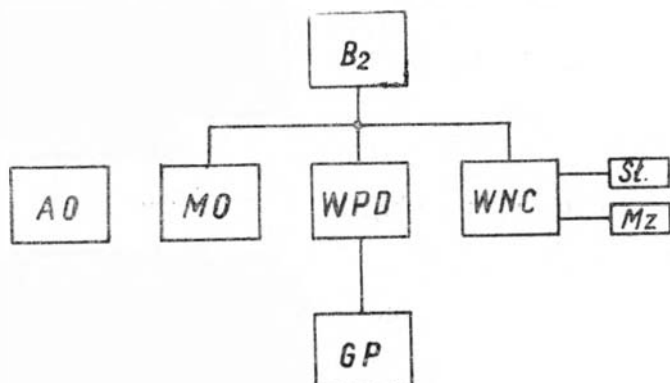
Nadajnik lokalizatora przedstawiony jest schematycznie na rysunku 3. Generator G wytwarza drgania elektryczne o częstotliwości 65 kHz, które wzmacniane są we wzmacniaczu napięciowym WN oraz we wzmacniaczu mocy WM. Nadajnik zasilany jest z baterii ogniów B_1 — pięć płaskich baterijek typu 3R 12. Sygnał przerywany nadawany jest przez tzw. blok kluczkowania BK. Na „wyjściu” nadajnika dołącza się antenę ramową AN dla pracy metodą indukcyjną lub przystawkę PG dla pracy metodą galwaniczną.

Rysunek 4 przedstawia schematycznie odbiornik lokalizatora. Zmienne pole elektromagnetyczne koncentrujące się wokół badanego urządzenia podziemnego indukuje siłę elektromagnetyczną o tej samej częstotliwości w antenie odbiorczej AO. W mieszaczu MO sygnał ten zdudniany jest z sygnałem heterodyny, w wyniku czego powstaje napięcie o częstotli-

wości pośredniej. Napięcie to jest następnie wzmacniane we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości. Po wzmocnieniu sygnału we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości z dedektorem WPD otrzymuje się sygnał akusty-



Rys. 3. Schemat nadajnika lokalizatora LR-1



Rys. 4. Schemat odbiornika lokalizatora LR-1

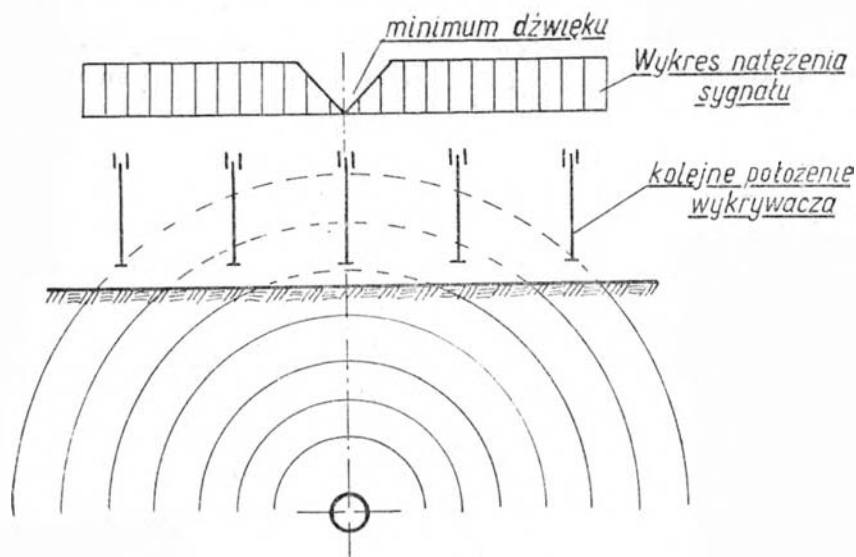
czny. Sygnał jest wzmacniany we wzmacniaczu napięciowym WNC, a następnie doprowadzony do słuchawek Sł lub miernika M2. Układ zasilany jest z baterii B2 — dwie płaskie baterie typu 3R 12 połączone szeregowo.

Antena odbiorcza zamocowana jest na drążku metalowym, składanym teleskopowo.

2.3. Zasada działania wykrywaczy typu Poltras i LR-1

Drgania elektryczne o określonej częstotliwości wytwarzane w nadajniku zostają wypromieniowane w przestrzeń otaczającą nadajnik. Przenikają one przez powietrze i ziemię obejmując swym zasięgiem również

poszukiwany rurociąg lub kabel. Wokół wszystkich elementów metalowych zaczyna płynąć prąd o częstotliwości nadajnika, odbierany przez antenę ramową lub ferrytową. Wykorzystano tu zjawisko różnicy przewodnictwa podłoża oraz elementów metalowych lub wody, jako lepszych przewodników dla prądów o wysokiej częstotliwości.



Rys. 5. Zasada określenia trasy przewodu

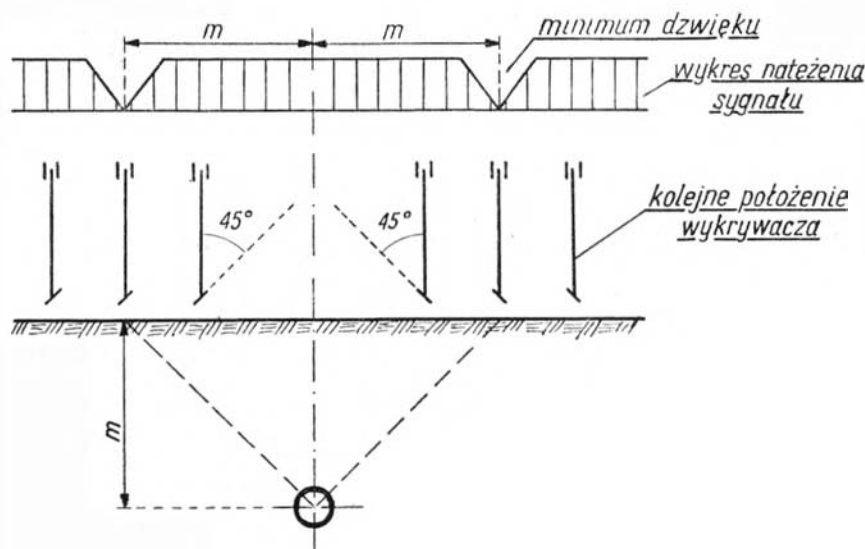
Metoda ustalenia kierunku kabla polega na wyszukiwaniu równoległych linii pola magnetycznego. Brak napięcia w antenie, a tym samym sygnału różnicowego w słuchawkach i na mierniku odbiornika w trakcie przesuwania go, wskazuje na przesuwanie po kierunku danego przewodu (rys. 5).

2.4. Lokalizowanie urządzenia podziemnego

Jeżeli punkt wyjściowy rurociągu lub kabla jest znany (w praktyce ma to miejsce w większości przypadków), nadajnik ustawiamy tak, aby boczna jego ścianka skierowana była w kierunku przypuszczalnej trasy poszukiwanego rurociągu. Następnie w odległości minimum 4 m od uprzednio uruchomionego nadajnika rozpoczynamy poszukiwanie przewodu za pomocą odbiornika z anteną. Antenę należy tak trzymać, aby jej oś była prostopadła do powierzchni ziemi. Odebrane przez odbiornik fale zamienione na dźwięk pozwalają określić położenie kabla lub rurociągu. Oś anteny wskazuje położenie przewodu w momencie, gdy ton w słuchawkach ma najmniejsze natężenie. Wyznaczone za pomocą minimum dźwię-

ku punkty trasy rurociągu oznaczamy kredą lub palikami i w razie otrzymania linii o dużej ilości załamań korygujemy przez kontrolne pomiary w kierunku do nadajnika (powrotnym). Z chwilą spadku natężenia sygnału spowodowanego zbyt dużą odległością nadajnika od odbiornika, nadajnik należy przybliżyć, ustawiając go na osi wykrytego już fragmentu rurociągu.

Po ustaleniu kierunku wyznaczamy średnicę przewodu, przesuwając antenę w kierunku poprzecznym. Fakt zaniku lub wyciszenia sygnału wystąpi na krawędziach kabla, pozwalając określić wymiar jego średnicy.



Rys. 6. Zasada określenia głębokości

Wyznaczenie głębokości urządzenia przeprowadza się w następujący sposób:

a) linię ciągu wykrytego przewodu, stanowiącą jego oś, oznaczamy kredą lub naciągniętym sznurkiem (między dwoma palikami) na odcinku $1,0 \div 2,0$ m,

b) trzpień uchwytu anteny ferrytowej ustawiamy w takiej pozycji, aby kąt pochylenia osi anteny w stosunku do powierzchni gruntu wynosił 45° (uchwyt drążka należy trzymać w pozycji pionowej),

c) tak ustawioną antenę przesuwamy w bok po linii prostopadłej od punktu, który leży na ustalonej osi przewodu,

d) oznaczamy punkt, w którym występuje minimum dźwięku,

e) odległość wyznaczona między osią przewodu a punktem wyznaczonym wg punktu d) określa głębokość, na jakiej ułożony jest kabel.

3. Szukacz tras podziemnych STU-2

3.1. Budowa, dane techniczne

Szukacz tras urządzeń podziemnych STU-2 składa się z generatora STU-2G, zasilacza stabilizowanego STU-2Z, odbiornika STU-2O, dwóch sond pomiarowych 1030 Hz i 10 kHz.

Generator, zasilacz i odbiornik są elektronicznymi urządzeniami wykonanymi na tranzystorach.

Generator służy do wytwarzania przebiegu elektrycznego o mocy 50 W i częstotliwości 1030 Hz lub 10 kHz, który dostarczany jest do badanego urządzenia podziemnego sygnałem sinusoidalnym. Generator jest zasilany napięciem stałym 24 V. Energię może czerpać z zasilacza stabilizowanego STU-2Z, gdy istnieje możliwość podłączenia do sieci 220 V, lub z baterii akumulatorów 24 V/4 A.

Zasilacz jest układem tranzystorowym, stabilizowanym, o napięciu wyjściowym 24 V/4 A. Służy do zasilania generatora z sieci o napięciu 220 V.

Odbiornik służy do wzmacniania sygnałów z sond pomiarowych i odbierania sygnałów od wykrywanego przewodu za pomocą wskazówki miernika lub dźwięków akustycznych w słuchawkach. Jest on zasilany z baterii akumulatorów o napięciu 6 V.

3.2. Zasada działania

Przyrząd STU-2 jest urządzeniem elektronicznym służącym do wykrywania instalacji, przez które może płynąć prąd elektryczny, tj. kabli i rurociągów. Określenie położenia tych instalacji jest dokonane za pomocą wykrywania sondą i czułym odbiornikiem STU-2O pola magnetycznego, towarzyszącego instalacji, przez którą przepuścimy prąd wysyłany z generatora STU-2G. Zmienne pole elektryczne wytwarzamy w badanym przewodzie za pomocą generatora, przez galwaniczne połączenie z badanym przewodem.

3.3. Zasady lokalizowania

Wykrywanie badanej instalacji może być dokonane sygnałem ciągłym o stałej częstotliwości 1030 Hz lub 10 kHz — w słuchawkach wtedy słychać ton o stałej wysokości, lub też sygnałem przerywanym na przemian

1 kHz/10 kHz — w słuchawkach wtedy słyhać ton o odpowiednio zmieniającej się wysokości.

Wykrywane instalacje w zależności od ustawienia cewki sondy w wytwarzanym wokół nich polu magnetycznym można wykrywać dwiema metodami:

1) metoda minimum — oś cewki ustawiona prostopadle do powierzchni ziemi. Gdy znajdujemy się nad przewodem, w słuchawkach jest cisza, a wskazówka miernika w położeniu zerowym;

2) metoda maksimum — oś cewki równoległa do powierzchni ziemi, poprzecznie do badanego przewodu. Gdy jesteśmy w osi badanego przewodu, występuje maksimum dźwięku w słuchawkach i maksimum wychYLENIA wskazówki miernika. Metoda minimum jest dokładniejsza.

4. Pomiary badawcze wykrywaczem typu Poltras i lokalizatorem LR-1

4.1. Cel, zakres i metoda badania

Badania elektronicznych wykrywaczy urządzeń podziemnych prowadzone w IGiK miały na celu sprawdzenie przydatności tych wykrywaczy do geodezyjnych prac nad inwentaryzacją uzbrojenia terenu, a w szczególności — ustalenie dokładności lokalizowania trasy przewodu (położenie sytuacyjne) oraz ustalenie zasięgów działania przyrządów.

Badaniami zamierzano objąć trzy wykrywacze produkcji krajowej, a mianowicie:

- wykrywacz Poltras,
- lokalizator LR-1,
- szukacz STU-2.

Jednak pomiary w terenie wykonano dwoma instrumentami — wykrywaczem Poltras i lokalizatorem LR-1, ponieważ jedyny dostępny egzemplarz szukacza STU-2 okazał się zdekompletowany.

Zastosowana w stosunku do wykrywaczy Poltras i LR-1 metoda badawcza polegała na „wykryciu” kilku typów przewodów podziemnych, których dokładne usytuowanie było znane na podstawie inwentaryzacji wykonanej uprzednio metodą bezpośrednią. Przeprowadzono również wzajemne porównanie wyników uzyskanych przy wykorzystaniu wykrywaczy obu typów. Pomiary te pozwoliły na niezależne wyznaczenie średnich błędów wykrycia omawianych przewodów oraz zakresów działania wykrywaczy. Wszystkie pomiary wykonano metodą minimum amplitudy sygnału.

Należy podkreślić, że zakres badań i ilość danych pomiarowych są bardzo małe. Wynikło to wskutek tego, że omawiane wykrywacze można było wypożyczyć od użytkowników na bardzo krótki okres czasu. Efektywny czas pracy omawianych wykrywaczy był przy tym o około 50% krótszy z uwagi na często występujące niesprawności układów elektronicznych. Z tych powodów nie było możliwe uzyskanie bardziej wszechstronnego i bogatszego ilościowo materiału pomiarowego, niezbędnego dla statystycznej oceny dokładności pracy wymienionych przyrządów.

4.2. Opis wykrywanych urządzeń i warunków terenowych

Pomiary badawcze wykrywaczem Poltras i lokalizatorem LR-1 wykonano na sześciu tzw. bazach doświadczalnych, a mianowicie:

I. Kabel elektryczny wysokiego napięcia — odcinek około 100 m ułożony na głębokości 0,7 m. Na odcinku tym zniszczona była osnowa pomiarowa, co uniemożliwiło przeprowadzenie porównań z inwentaryzacją bezpośrednią. Około 1/4 długości tego odcinka biegnie równolegle do budynku zawierającego rozdzielnię i transformatory elektryczne, co powodowało w słuchawkach szumy zakłócające odbierany impuls. (Rys. 7)

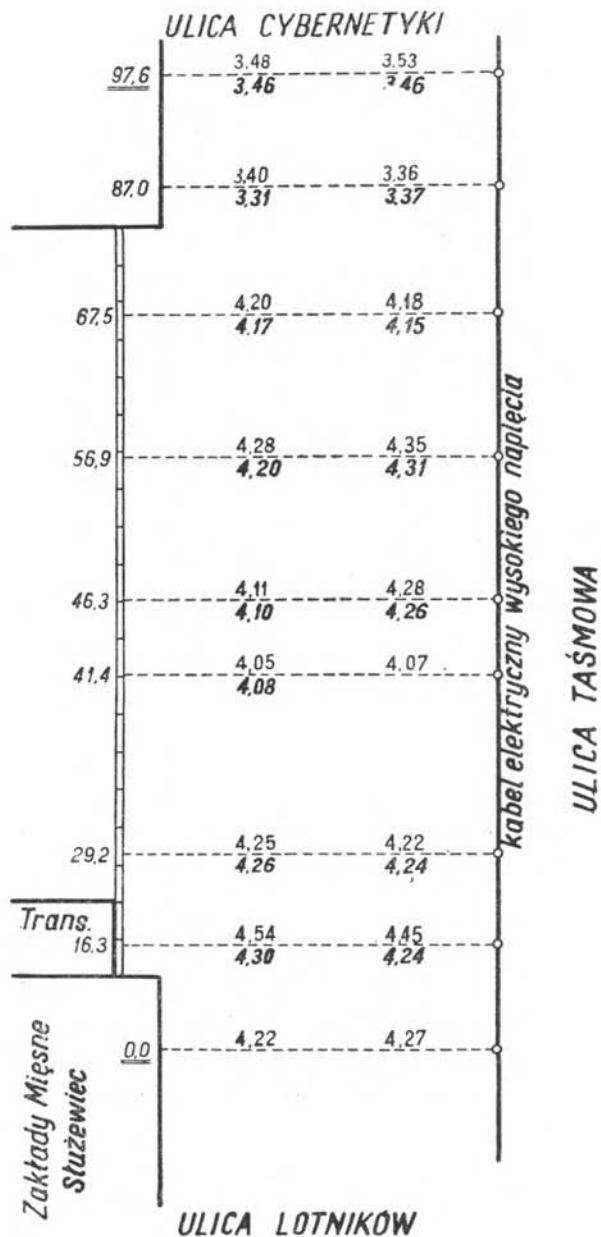
II. Kabel elektryczny wysokiego napięcia — odcinek około 300 m ułożony na głębokości 0,7 m, biegnący częściowo pod chodnikiem, trawnikiem i pod jezdnią. Część odcinka o długości około 75 m biegnie równolegle do torów tramwajowych w odległości około 4,0 m. Zakłócenia tym spowodowane były tak silne, że uniemożliwiły wykonanie pomiarów na tym odcinku. Pomiar wykonano z wielkimi trudnościami wyłącznie przyrządem Poltras. (Rys. 8)

III. Kabel elektryczny oświetleniowy — odcinek około 120 m, na głębokości 0,6 m. Wskutek zniszczenia punktu poligonowego tylko dla części kabla można porównać domiary z inwentaryzacją bezpośrednią. (Rys. 9)

IV. Rurociąg wodociągowy — odcinek około 100 m ułożony na głębokości 1,5 m. Przewód ten biegnie pod chodnikiem. (Rys. 10)

V. Rurociąg wodociągowy — odcinek około 200 m, biegnący pod ogrodami. Zarówno przy pomiarach wykrywaczem Poltras, jak i lokalizatorem LR-1, wystąpiły bardzo silne zakłócenia, które w tym ostatnim przypadku w ogóle uniemożliwiły lokalizację przewodu. Zakłócenia te były niezależne od warunków atmosferycznych. Przyczyna ich występowania nie została wyjaśniona. (Rys. 11)

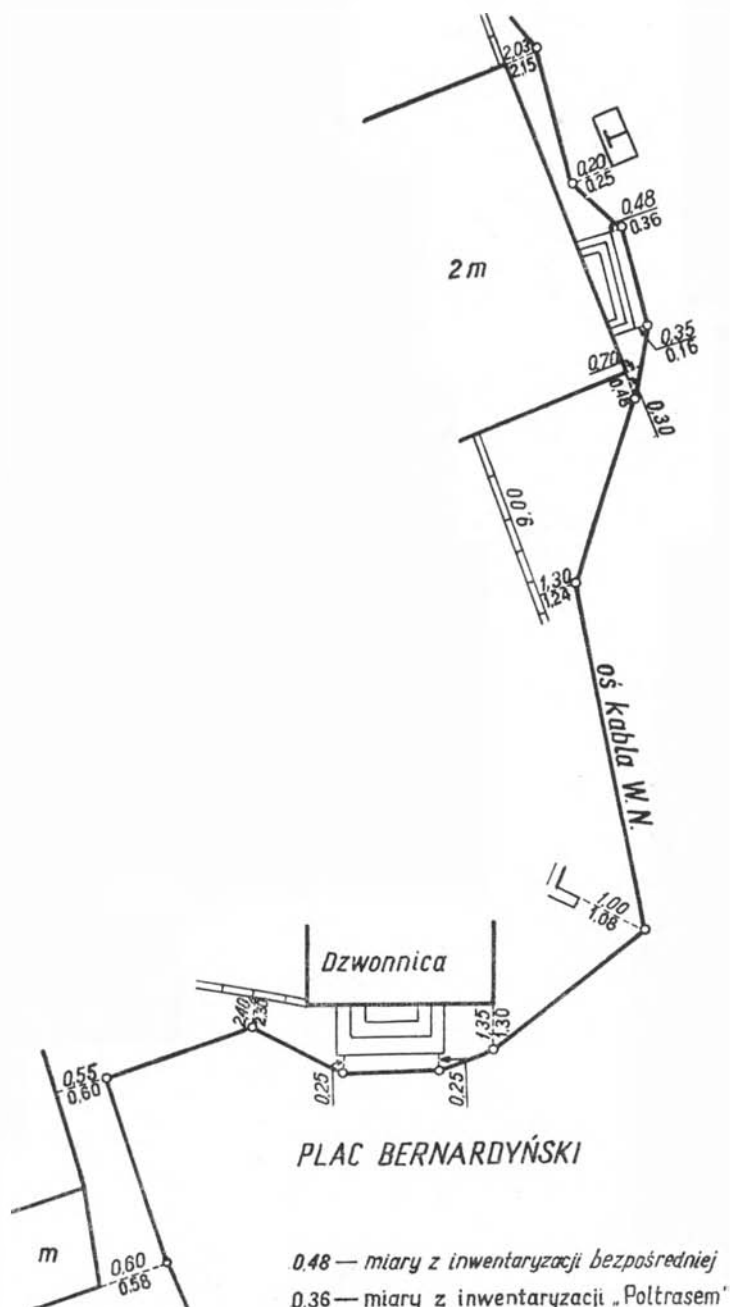
VI. Kanalizacja ciepła — odcinek około 100 m, głębokość ułożenia przewodu około 2,0 m. Kanał ten biegnie częściowo pod chodnikiem, częściowo pod trawnikiem. Dla odcinków prostych kanału uzyskano impulsy o bardzo dobrej słyszalności i wyraźnym minimum amplitudy. Natomiast



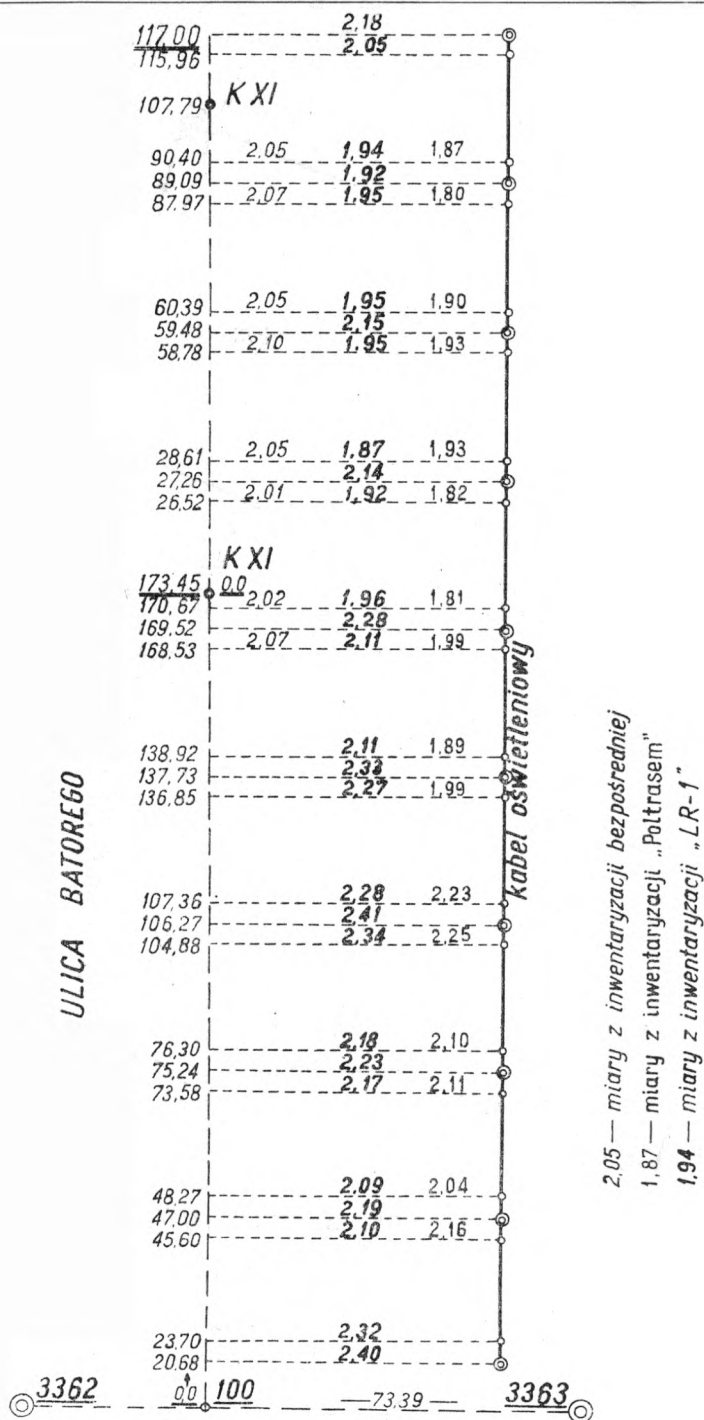
3.53 — miary z inwentaryzacji „Poltrasem”

3.46 — miary z inwentaryzacji „LR-1”

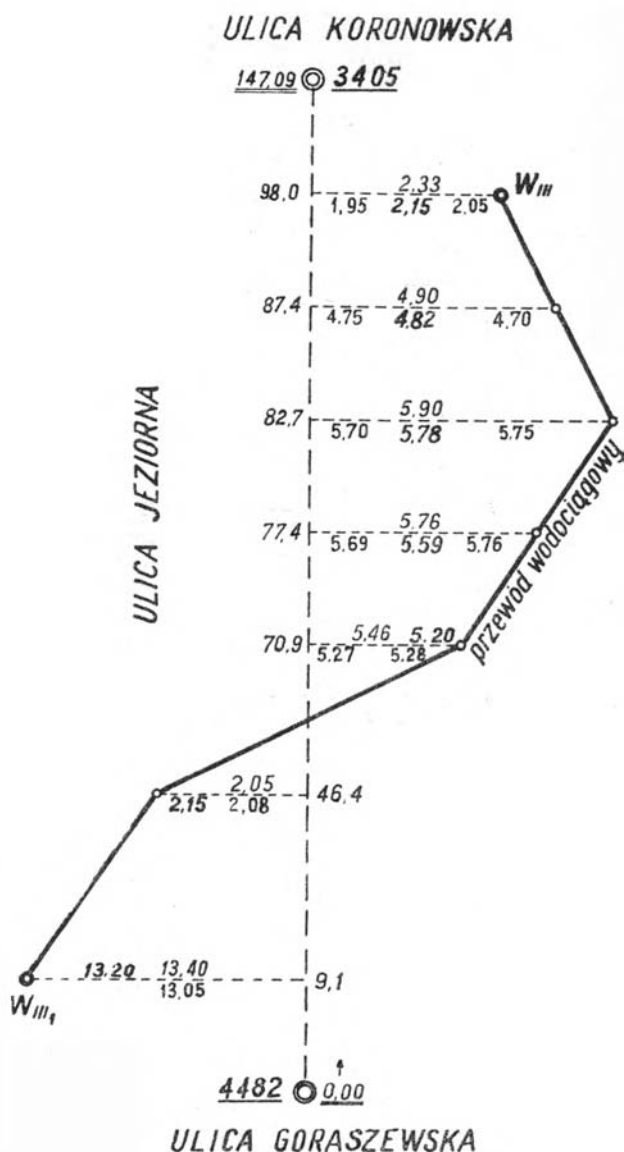
Rys. 7



Rys. 8



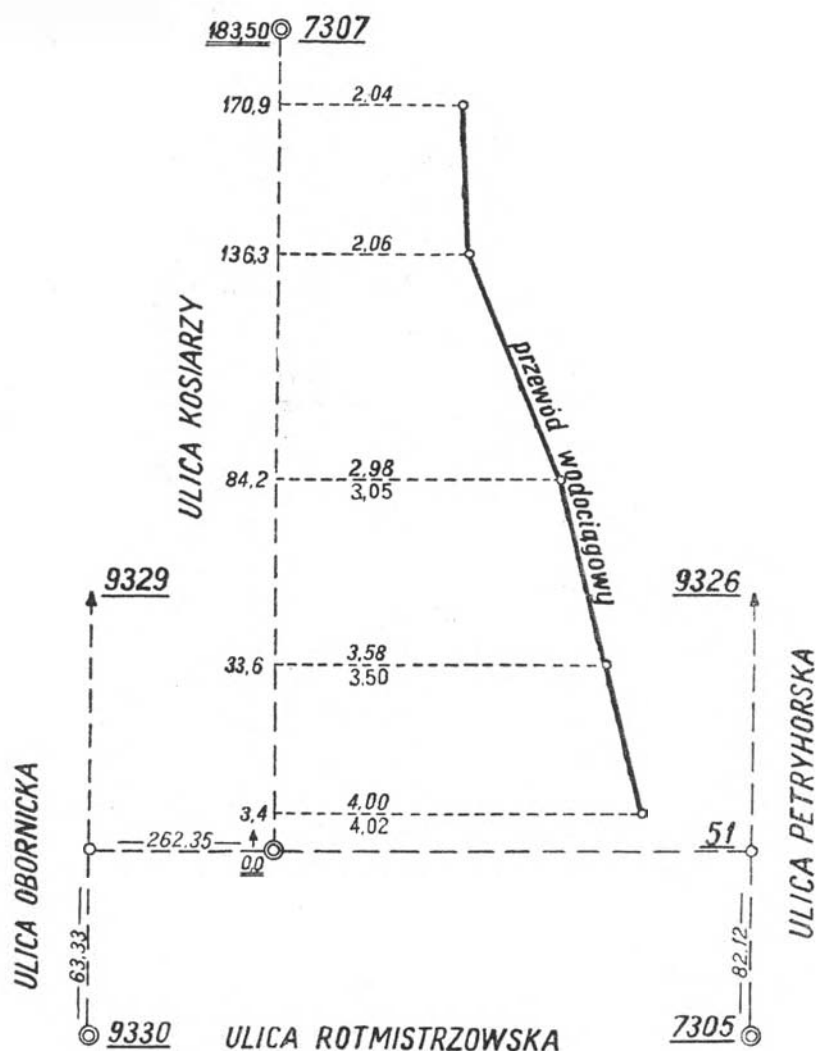
Rys. 9



2,33 — miary z inwentaryzacji bezpośredniej
 1,95 — miary z inwentaryzacji „Poltrasem”
 2,15 — miary z inwentaryzacji „LR-1”

Rys. 10

ULICA HUSARII

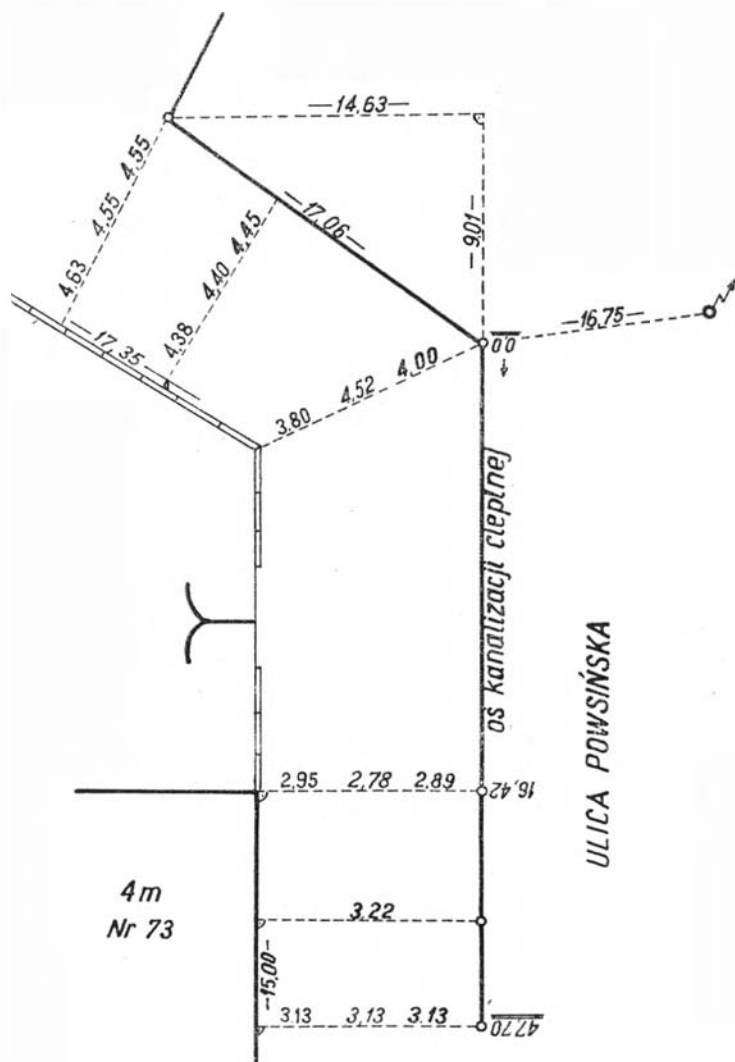


4,00 — miary z inwentaryzacji bezpośredniej

4,00 — miary z inwentaryzacji „Poltrasem”

Rys. 11

dla załamień kanału minimum amplitudy sygnału było bardzo trudne do wyróżnienia mimo dobrej słyszalności samego sygnału; zjawisko to występowało zarówno w przypadku przyrządu Poltras, jak i LR-1. (Rys. 12)



- 4.40 — miary z inwentaryzacji bezpośredniej
 4.38 — miary z inwentaryzacji „Poltrasem”
 4.45 — miary z inwentaryzacji „LR-1”

Rys. 12

Urządzenia podziemne na bazach I, IV i VI występują jako pojedyncze przewody, natomiast na bazach II, III i V wykrywane urządzenia są ułożone wraz z innymi przewodami.

4.3. Wyniki pomiarów i ich opracowanie

Baza doświadczalna I

Wobec niemożności wykorzystania inwentaryzacji bezpośredniej, jako podstawy porównawczej do analizy dokładności, wykorzystano wyniki niezależnych pomiarów uzyskane za pomocą obu przyrządów przez dwu obserwatorów. Do wyznaczenia średniego błędu pojedynczego lokalizowania wykorzystuje się różnice wyników uzyskanych przez obu obserwatorów na poszczególnych punktach trasy przewodu. Odpowiedni wzór ma postać [5]:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{2n}}, \quad (1)$$

gdzie: r_i — różnice wyników pomiaru uzyskanych przez dwóch obserwatorów,

n — ilość punktów trasy przewodu, na których był wykonywany pomiar.

Wyniki pomiarów przyrządami Poltras i LR-1 podane są w tablicy 1.

Tablica 1

Miary bież.	Poltras			LR-1		
	Obs. I	Obs. II	r	Obs. I	Obs. II	r
m	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	2	3	4	5	6	7
0,0	422	427	-5	—	—	—
16,3	454	445	9	430	424	6
29,2	425	422	3	426	424	2
41,4	405	407	-2	408	—	—
46,3	428	411	17	410	426	-16
56,9	435	428	7	420	431	-11
67,5	418	420	-2	417	415	2
87,0	336	340	-4	331	337	-6
97,6	353	348	5	346	346	0
111,2	380	381	-1	—	—	—
			$\Sigma r^2 = 503$			$\Sigma r^2 = 457$

Dla wyznaczenia przyrządem Poltras otrzymano:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{503}{2 \cdot 10}} = \pm 5,0 \text{ cm}$$

zaś dla przyrządu LR-1:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{457}{2 \cdot 7}} = \pm 5,7 \text{ cm},$$

Porównanie to nie może oczywiście wykazać ewentualnych błędów systematycznych jednakowych dla obu obserwatorów. Wystąpienie stosunkowo dużych co do wartości bezwzględnych różnic dla miary bieżącej 46,3 m, a mianowicie 17 cm i -16 cm, uznać należy jako wytłumaczalne błędami przypadkowymi pomiarów. Odpowiednie dopuszczalne wartości bezwzględne różnic oparte na błędach granicznych pomiaru wynoszą bowiem $3\sqrt{2}m_o$, co dla wyżej obliczonych wartości m_o daje:

- dla przyrządu Poltras — 21 cm,
- dla przyrządu LR-1 — 24 cm.

Również jako przypadkowy zbieg okoliczności uznać należy fakt, że różnice te wystąpiły na tym samym punkcie pomiarowym. Porównanie wyników pomiaru uzyskanych dla różnych miar bieżących nie jest możliwe, ponieważ domiary trasy kabla przytoczone w kolumnach 2, 3, 5 i 6 tablicy 1 odnoszą się do różnych linii pomiarowych.

Baza doświadczalna II

Dla całego odcinka objętego pomiarem za pomocą przyrządu Poltras istnieje inwentaryzacja bezpośrednia. Wyniki inwentaryzacji bezpośredniej i przy użyciu przyrządu Poltras oraz obliczenia przytoczone są w tablicy 2.

Różnice uzyskane z obu metod wykorzystano w analizie wyników dwójako:

1. Zakładając, że domiary uzyskane z pomiarów bezpośrednich są znacznie dokładniejsze od domiarów uzyskanych z lokalizowania przyrządem Poltras, różnice r_i potraktowano jako błędy prawdziwe lokalizowania przyrządem Poltras; dokonana na tej podstawie ocena średniego błędu zlokalizowania według wzoru:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}}, \quad (2)$$

może być obciążona błędami systematycznymi.

2. W celu wykrycia ewentualnych błędów systematycznych lokalizowania przyrządem Poltras obliczono średnią wartość różnicy r , tj. wielkość:

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n}, \quad (3)$$

Tablica 2

Nr. bież.	Domiary bezpośr.	Poltras	r_i	$(r_i - \bar{r})$
	cm	cm	cm	cm
1	203	215	-12	-13
2	048	036	12	11
3	035	016	19	18
4	030	048	-18	-19
5	130	124	6	5
6	100	108	-8	-9
7	135	130	5	4
8	025	—	—	—
9	025	—	—	—
10	240	230	10	9
11	055	060	-5	-6
12	060	058	2	1
13	225			
14	346	Przewód blisko torów tramwajowych — zakłócenia		
15	415			
16	038			
17	080			
18	1860		$\Sigma r_i^2 = 1227$	$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 1215$

średni błąd pojedynczego lokalizowania:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{(n-1)}} \quad (4)$$

oraz średni błąd $\bar{r}$:

$$m_{\bar{r}} = \frac{m_o}{\sqrt{n}}. \quad (5)$$

Według powyższych wzorów uzyskano następujące wartości błędów średnich:

$$\text{ad 1. wzór (2): } m_o = \pm \sqrt{\frac{1227}{10}} = \pm 11,1 \text{ cm};$$

$$\text{ad 2. wzór (3)} \quad \bar{r} = \pm \frac{+11,1}{10} = +1,1 \text{ cm},$$

$$\text{wzór (4)} \quad m_o = \pm \sqrt{\frac{1215}{9}} = \pm 11,7 \text{ cm},$$

$$\text{wzór (5)} \quad m_{\bar{r}} = \frac{11,7}{\sqrt{10}} = \pm 3,7 \text{ cm},$$

$$\bar{r} = (+1,1 \pm 3,7) \text{ cm}.$$

Zarówno dwukrotnie obliczone wartości średniego błędu pojedynczego pomiaru, jak też uzyskana wartość $\bar{r}$ i jej błąd średni wykazują, że lokalizacja wykrywaczem Poltras na bazie II nie była obciążona błędami systematycznymi, lub że błędy w trakcie wykonywania lokalizacji zrównoważyły się w rozpatrywanym ciągu obserwacji, nie zniekształcając średniej $\bar{r}$. Ostatnia ewentualność jest bardziej prawdopodobna z uwagi na specyficzny rozkład odchyłek $(r - \bar{r})$ w kolumnie 5 tablicy 2 — duże wartości bezwzględne odchyłek zgrupowane są na początku ciągu.

Baza doświadczalna III

Domiary zrobione metodą bezpośrednią oraz uzyskane z lokalizowania wykrywaczem Poltras i lokalizatorem LR-1, jak również obliczenia różnic r_i w stosunku do metody bezpośredniej i odchyłek $(r_i - \bar{r})$, podaje tablica 3.

Tablica 3

Nr. bież.	Domiary bezpośr.	Poltras			LR-1		
		domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$	domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1					240		
2					232		
3		216			210		
4		204			209		
5		211			217		
6		210			218		
7		225			234		
8		223			228		
9		227			199		
10		211			189		
11	207	211	-4	-17	199	8	-6
12	202	196	6	-7	181	21	7
13	201	192	9	-4	182	19	5
14	205	187	18	5	193	13	-1
15	210	193	17	4	195	15	1
16	205	190	15	2	195	10	-4
17	207	180	27	14	195	12	-2
18	205	187	18	5	194	11	-3
		$\Sigma r_i = 106$			$\Sigma r_i = 109$		
		$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 620$			$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 141$		

Zarówno w przypadku przyrządu Poltras, jak i LR-1, rozkład różnic r_i wskazuje na występowanie błędów systematycznych. Z tego względu analiza dokonana w oparciu o wzór (2) byłaby niemiarodajna, bardziej

celowa jest analiza oparta na wzorach (3), (4) i (5), pozwalająca oszacować i uwzględnić wpływ błędów systematycznych.

Dla przyrządu Poltras mamy:

$$\begin{aligned}\bar{r} &= \frac{+106}{8} = +13,2 \text{ cm}, \\ m_o &= \pm \sqrt{\frac{620}{7}} = \pm 9,4 \text{ cm}; \\ m_{\bar{r}} &= \frac{9,4}{\sqrt{8}} = \pm 3,3 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+13,2 \pm 3,3) \text{ cm}.\end{aligned}$$

Dla przyrządu LR-1 mamy:

$$\begin{aligned}\bar{r} &= \frac{+109}{8} = +13,6 \text{ cm}, \\ m_o &= \pm \sqrt{\frac{141}{7}} = \pm 4,5 \text{ cm} \\ m_{\bar{r}} &= \frac{4,5}{\sqrt{8}} = \pm 1,6 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+13,6 \pm 1,6) \text{ cm}.\end{aligned}$$

Z powyższych obliczeń wynika, że:

— wyznaczenia zarówno wykrywaczem Poltras, jak i lokalizatorem LR-1 obarczone są błędami systematycznymi,

— błędy dla tych przyrządów są bardzo bliskie co do wartości.

Wskazuje to bądź na istnienie w obu przypadkach jednakowej przyczyny natury konstrukcyjnej powodującej te błędy, bądź jednakowo działającej przyczyny zewnętrznej,

— dokładność wyznaczenia jest w przypadku przyrządu LR-1 około dwukrotnie wyższa niż przyrządu Poltras.

Baza doświadczalna IV

Zakres wykonywanych na tej bazie pomiarów, jak też charakter różnic w stosunku do wyników inwentaryzacji bezpośredniej, są podobne jak dla bazy III. Analiza wyników pomiarów opiera się na wzorach (3), (4) i (5). Wyniki pomiarów oraz różnic podane są w tablicy 4.

Dla przyrządu Poltras:

$$\begin{aligned}\bar{r} &= \frac{+123}{7} = +17,6 \text{ cm}, \\ m_o &= \pm \sqrt{\frac{1151}{6}} = \pm 13,8 \text{ cm}, \\ m_{\bar{r}} &= \frac{13,8}{\sqrt{7}} = \pm 5,0 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+17,6 \pm 5,2) \text{ cm}.\end{aligned}$$

Błąd graniczny $3 m_{\bar{r}} = \pm 15,6 \text{ cm}$.

Tablica 4

Nr. bież.	Domiary bezpośred.	Poltras			LR-1		
		domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$	domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	340	305	35	17	320	20	7
2	205	208	-3	-21	215	-10	-223
3	546	528	18	0	520	26	13
4	576	572	4	-14	559	17	4
5	590	572	18	0	578	12	-1
6	490	472	18	0	482	8	-5
7	233	200	33	15	215	18	5
		$\Sigma r_i = 123$			$\Sigma r_i = 91$		
		$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 1151$			$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 814$		

Dla przyrządu LR-1:

$$\bar{r} = \frac{+91}{7} = +13,0 \text{ cm},$$

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{814}{6}} = \pm 11,6 \text{ cm},$$

$$m_{\bar{r}} = \frac{11,6}{\sqrt{7}} = \pm 4,4 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+13,0 \pm 4,4) \text{ cm}.$$

Błąd graniczny $3 m_{\bar{r}} = \pm 13,2 \text{ cm}$.

Z powyższych obliczeń wynika, że:

- oba przyrządy dają wyniki obarczone błędami systematycznymi o wielkościach zbliżonych do błędu granicznego,
- przyrząd LR-1 daje wyniki nieco dokładniejsze niż Poltras.

Baza doświadczalna V

Dla bazy tej uzyskano jedynie trzy wyniki z lokalizowania wykrywaczem Poltras, które można porównać z wynikami inwentaryzacji bezpośredniej. Wyniki te przytoczone są w tablicy 5.

Ponieważ Σr_i jest bliska zera, co świadczy w tym przypadku o niewystępowaniu błędów systematycznych, wykorzystamy do analizy dokładności wzór (2). Uzyskuje się w ten sposób wartość błędu średniego:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{117}{3}} = \pm 6,3 \text{ cm}.$$

Tablica 5

Nr. bież.	Domiary bezpośred.	Poltras	r_i
	cm	cm	cm
1	400	402	-2
2	358	350	8
3	298	305	-7
4	206	—	—
5	204	—	—
			$\Sigma r_i = -1$
			$\Sigma r_i^2 = 117$

Należy podkreślić, że z uwagi na niewielką liczbę obserwacji powyższy wynik może być obciążony błędem średnim rzędu 50% swojej wartości (błąd średni błędu średniego $\frac{m_o}{\sqrt{2(n-1)}}$).

Baza doświadczalna VI

W tablicy 6 podano wyniki lokalizowania wykrywaczem Poltras i lokalizatorem LR-1 dla kanalizacji ciepłej. Punkty 3 i 5 odnoszą się do załamania kanału, pozostałe zaś do jego odcinków prostych.

Tablica 6

Nr. bież.	Domiary bezpośred.	Poltras			LR-1		
		domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$	domiary	r_i	$(r_i - \bar{r})$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	313	313	0	-10	313	0	-7
2	278	295	-17	-27	289	-11	-18
3	452	380	72	62	400	52	45
4	440	438	2	-8	445	-5	-12
5	445	463	-8	-18	455	0	-7
		$\Sigma r_i = 49$			$\Sigma r_i = 36$		
		$\Sigma r_i^2 = 5541$			$\Sigma r_i^2 = 2850$		
		$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 5061$			$\Sigma (r_i - \bar{r})^2 = 2591$		

Analizę przeprowadzono według wzorów (3), (4) i (5).

Dla przyrządu Poltras:

$$\bar{r} = \frac{+49}{5} = +9,8 \text{ cm.}$$

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{5061}{4}} = \pm 35,6 \text{ cm},$$

$$m_{\bar{r}} = \frac{36}{\sqrt{5}} = \pm 15,9 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+9,8 \pm 15,9) \text{ cm}.$$

Dla przyrządu LR-1:

$$\bar{r} = \frac{+36}{5} = +7,2 \text{ cm},$$

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{2591}{4}} = \pm 25,4 \text{ cm},$$

$$m_{\bar{r}} = \frac{25,4}{\sqrt{5}} = \pm 11,4 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (+7,2 \pm 11,4) \text{ cm}.$$

Bezwzględne wartości $\bar{r}$ są znacznie mniejsze od błędów granicznych tej wielkości. Można więc wykorzystać różnice r_i w stosunku do inwentaryzacji bezpośredniej, jako błędy prawdziwe wyznaczenia oraz zastosować wzór (2), uzyskując:

$$\text{— dla przyrządu Poltras} \quad m_o = \pm \sqrt{\frac{5541}{5}} = \pm 33,3 \text{ cm},$$

$$\text{— dla przyrządu LR-1} \quad m_o = \pm \sqrt{\frac{2850}{5}} = \pm 23,9 \text{ cm}.$$

Duże błędy średnie zostały spowodowane wystąpieniem dużych wartości r_i dla $i = 3$. Zastosowanie reguły błędu granicznego dla zbadania, czy wielkości największych odchyłek są usprawiedliwione losowym charakterem zmiennych r_i , czy też wystąpiły na skutek silnych zakłóceń sygnału, jest wobec niewielkiej liczby obserwacji niemiarodajne. Zamiast tej reguły posłużymy się tutaj tzw. kryterium Grubbsa [3], na podstawie którego można stwierdzić, iż przy tzw. poziomie istotności 5% wyznaczenia wykrywaczem Poltras i lokalizatorem LR-1 dla punktu $i = 3$ należy odrzucić. Nowe wartości $\bar{r}$, m_o i $m_{\bar{r}}$ wynoszą odpowiednio:

Dla przyrządu Poltras:

$$\bar{r} = \frac{-23}{4} = -5,8 \text{ cm},$$

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{225}{3}} = \pm 8,7 \text{ cm},$$

$$m_{\bar{r}} = \frac{8,7}{\sqrt{4}} = \pm 4,4 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (-5,8 \pm 4,4) \text{ cm}.$$

Dla przyrządu LR-1:

$$\bar{r} = \frac{-16}{4} = -4,0 \text{ cm},$$

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{82}{3}} = \pm 5,2 \text{ cm},$$

$$m_r = \frac{5,2}{\sqrt{4}} = \pm 2,6 \text{ cm}, \quad \bar{r} = (-4,0 \pm 2,6) \text{ cm}.$$

Z powyższych obliczeń wynika, że:

— pomiary na bazie VI nie wykazują istnienia błędów systematycznych,

— przyrząd LR-1 daje wyniki dokładniejsze niż Poltras,

— sprawa występowania błędów grubych na skutek zakłóceń odbieranego sygnału lub braku wyraźnego minimum sygnału winna zostać wyjaśniona na drodze dodatkowych badań,

— podane powyżej wartości błędów średnich, jako oparte na zbyt małej liczbie obserwacji, należy traktować jako orientacyjne.

4.4. Zestawienie wyników i wnioski

Wnioski dotyczące pomiarów dla poszczególnych baz doświadczalnych zostały przedstawione powyżej. Niniejszy punkt jest natomiast poświęcony ogólnemu zestawieniu wyników pomiarów oraz analizie występowania współzależności pomiędzy wielkościami błędów średnich pojedynczego pomiaru i błędów natury systematycznej a niżej wymienionymi czynnikami:

- 1) typem wykrywacza (Poltras lub LR-1),
- 2) rodzajem urządzenia podziemnego,
- 3) głębokością urządzenia podziemnego,
- 4) sąsiedztwem innych przewodów,
- 5) występowaniem zakłóceń sygnału,
- 6) odległością odbiornika od nadajnika.

Zestawienie danych dla tej analizy podano w tablicy 7.

ad 1). Wykrywacz typu Poltras daje błędy przypadkowe, scharakteryzowane średnim błędem pojedynczego wyznaczenia w granicach od 5 do 14 cm i o wartości średniej (wagi równe ilości pomiarów) około 10 cm. W przypadku lokalizatora LR-1 błędy średnie są zawarte w granicach od 4,5 do 12 cm z wartością średnią około 7 cm. Lokalizator LR-1 daje więc wyniki dokładniejsze niż Poltras. Odnośnie występowania błędów systematycznych należy stwierdzić, iż w przypadku trzech baz doświadczalnych (tj. baz III, IV i VI), dla których porównanie wyników inwentaryzacji za pomocą przyrządów Poltras i LR-1 jest możliwe, wielkości $\bar{r}$ dla obu przyrządów są tego samego znaku i o zbliżonych wartościach. Wskazuje to na podobny charakter przyczyn instrumentalnych (konstrukcyjnych), powodujących błędy systematyczne, bądź na błędną identyfikację domia-

T a b l i c a 7

Baza numer	Rodzaj urządzenia podziemnego	Głębokość instalacji (ca)	Czy instalacja w sąsiedztwie innych urządzeń	Długość badanego odcinka przewodu	Występowanie zakłóceń	Poltras			LR — I			Uwagi
						Ilość pomiarów n	Sr. błąd poj. pom. m_o	Błąd systemat. r	Ilość pomiarów n	Sr. błąd poj. pom. m_o	Błąd systemat. r	
		m		m			cm	cm		cm	cm	
I	Kabel elektr. wys. napięcia	1,2	nie	100	na ok. 1/4 dl. odcinka	10	$\pm 5,0$	nie wyzn.	7	$\pm 5,7$	nie wyzn.	
II	j. w.	1,2	tak	300	na ok. 75 m b. silne	10	$\pm 12,0$	$1,1 \pm 3,7$	—	—	—	Pomiar LR-1 niemożliwy z powodu b. silnych zakłóceń.
III	Kabel elektr. oświetleniowy	0,8	tak	100	brak	8	$\pm 9,4$	$+ 13,2 \pm 3,3$	8	$\pm 4,5$	$+ 13,6 \pm 1,6$	Niepełne miary z pomiaru bezpośredniego
IV	Rur. wodoc.	1,5	nie	100	brak	7	$\pm 13,8$	$+ 17,6 \pm 5,2$	7	$\pm 11,6$	$+ 13,0 \pm 4,4$	—
V	j. w.	1,5	tak	200	b. silne na całym odc. cinku	3	$\pm 6,3$	$- 0,3 \pm 3,6$	—	—	—	Pomiar LR-1 niemożliwy z powodu b. silnych zakłóceń.
VI	Kanal. ciepłota	2,5	nie	100	zanik min. sygnału na zalamaniech przewodów	4	$\pm 8,7$	$- 5,8 \pm 4,4$	4	$\pm 5,2$	$- 4,0 \pm 2,6$	Wyniki obliczone po odrzuceniu jednej obserwacji dla każdego przyrządu

rów w metodzie bezpośredniej (inventaryzacja tą metodą była wykonywana znacznie wcześniej; błędna identyfikacja domiarów może być spowodowana na przykład zniszczeniem lub przemieszczeniem znaków pomiarowych).

ad 2) i 3). (Rozpatrzono łącznie, gdyż głębokość przewodu zależy od jego rodzaju). Przeprowadzone badania nie wykazują zależności między wielkościami błędów przypadkowych i systematycznych a rodzajem i głębokością urządzenia podziemnego.

ad 4). Sąsiedztwo innych przewodów podziemnych nie wykazało wpływu na wielkości błędów przypadkowych i systematycznych wyznaczenia obydwoma przyrządami.

ad 5). Występowanie zakłóceń sygnału, pomimo których ustalenie minimum amplitudy jest możliwe, nie wykazuje wpływu na wielkości błędów przypadkowych i systematycznych. Silne zakłócenia, uniemożliwiające wykrycie urządzenia podziemnego, występują częściej w przypadku przyrządu LR-1 niż Poltras. Nie wystąpił przypadek, aby przy zakłóceniach pracy jednego przyrządu nie było zakłóceń pracy drugiego przyrządu. Nie wykryto współzależności między występowaniem zakłóceń, rodzajem i głębokością przewodu a sąsiedztwem innych przewodów.

ad 6). Analiza rozkładu błędów pozornych w tablicach 1 i 6 nie wykazuje wpływu odległości odbiornika od nadajnika. Zasięg przyrządu Poltras (odległość nadajnika od odbiornika) przy metodzie galwanicznej wynosi 25 m, dla przyrządu LR-1 zaś 50 m. Dla obu przyrządów zasięg maleje ze wzrostem zakłóceń oraz jest mniejszy przy większych głębokościach przewodu.

Powyższe wnioski, wobec niewielkiej liczby danych obserwacyjnych, noszą charakter wstępny. Pozwalają one jednak na stwierdzenie nieznacznej wyższości przyrządu LR-1 nad przyrządem Poltras, jeśli chodzi o dokładność pomiaru i wygodę obsługi.

5. Uwagi dotyczące szukacza STU-2

Niniejsze uwagi oparte są na podstawie obserwacji prób przyrządu STU-2, wykonywanych na terenie Huty „Bierut” w Częstochowie w obecności autorki pracy, na doświadczeniach przekazanych w czasie tych prób przez personel obsługujący przyrząd oraz na analizie nominalnych parametrów konstrukcyjno-technicznych.

Uwagi te są następujące:

1. Szukacz STU-2 posiada łączny ciężar około 40 kg, co niezwykle utrudnia stosowanie go i czyni niezbędnym użycie odpowiedniego wózka transportowego (nie wchodzącego aktualnie do kompletu wyposażenia).

2. Szukacz STU-2 przystosowany jest do pracy wyłącznie metodą galwaniczną. Ogranicza to bardzo zakres jego stosowalności ze względu na przepisy BHP (i inne) uniemożliwiające bezpośrednie podłączenie do niektórych instalacji podziemnych.

3. Próba wykrycia kabla energetycznego dokonana w obecności autorki zakończyła się całkowitym niepowodzeniem — prawdopodobnie z powodu trudności wynikłych przy podłączaniu (źle oczyszczone styki).

4. W obecności autorki przeprowadzono udaną próbę wykrywania przewodu wodociągowego, nie było jednak możliwości porównania wyników lokalizacji przyrządem STU-2 z pomiarem bezpośrednim.

5. Przyrząd STU-2 nie wykazuje cech świadczących o jego przewadze nad wykrywaczami typu Poltras i LR-1.

Lokalizowanie tras przewodów podziemnych szukaczem STU-2 zostało opisane w artykule A. Wróbla: „Pomiary doświadczalne wykonywane przy wykrywaniu tras urządzeń podziemnych przyrządem STU-2”, opublikowanym w „Przeglądzie Geodezyjnym” nr 1 z 1970 r.

6. Wnioski końcowe

1. Wykrywacz Poltras i lokalizator LR-1 są przyrządami o bardzo podobnych właściwościach technicznych i eksploatacyjnych. Prowadzone i opisane w niniejszym opracowaniu badania wykazały ich przydatność i opłacalność stosowania do geodezyjnej inwentaryzacji urządzeń podziemnych. Ważną zaletą dla prac terenowych stanowią nieduże gabaryty i ciężary obu przyrządów. W trakcie pracy obydwoją przyrządami występowały liczne niesprawności pewnych układów elektronicznych, spowodowane małą trwałością elementów (w przyrządach LR-1 i Poltras) lub niestarannym montażem (przyrząd Poltras). Podniesienie niezawodności produkowanych egzemplarzy obu przyrządów jest warunkiem koniecznym dla ich wdrożenia do praktycznej eksploatacji.

2. Szukacz STU-2, poza usterkami natury technologicznej posiada szereg wad eksploatacyjnych. Najważniejsze z nich to:

- duży ciężar, około 9-krotnie większy niż ciężar przyrządu LR-1 i około 5-krotnie większy niż ciężar przyrządu Poltras,
- możliwość pracy wyłącznie przy sprzężeniu galwanicznym,
- duży pobór mocy i wynikająca stąd konieczność stosowania dużych i ciężkich źródeł zasilających (akumulatory 24 V).

L I T E R A T U R A

- [1] *Csanda F.*: Wyznaczenie tras i wykrywanie uszkodzeń podziemnych rurociągów, kanałów i kabli. WNT. W-wa 1966.
- [2] *Gomoliszewski J., Soltys M.*: Badania nad wyznaczeniem położenia sytuacyjnego przewodów podziemnych urządzeniami elektronicznymi. Przegląd Geodezyjny. 9/1966.
- [3] *Linnik J. W.*: Metoda najmniejszych kwadratów i teoria opracowania obserwacji. PWN. W-wa 1962.
- [4] *Rodzinkiewicz J.*: Tranzystorowy lokalizator ciągów podziemnych typ LR-1. Przegląd Geodezyjny. 11/1969.
- [5] *Warchałowski E.*: Rachunek wyrównawczy dla geodetów. PWN. W-wa 1955.
- [6] *Wróbel A.*: Pomiary doświadczalne wykonywane przy wykrywaniu tras urządzeń podziemnych przyrządem STU-2. Przegląd Geodezyjny. 1/1970.
- [7] *Zołędziowski S., Jasiński R.*: Wykrywacz instalacji podziemnych. Zeszyty naukowe. Łączność. Politechnika Gdańska. 17/1966.
- [8] Instrukcja obsługi aparatów hydro-elektronowych. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji. W-wa.
- [9] Instrukcja obsługi szukacza STU-2. Zakład Elektroniki Górniczej. Tychy.

*Recenzowali: prof. dr Jerzy Gomoliszewski
dr inż. Wojciech Janusz*

Rękopis złożono w Redakcji w marcu 1970 r.

СТЕФАНИЯ ПАХЕЛЬСКА

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ НЕКОТОРЫХ ОБНАРУЖИВАТЕЛЕЙ ПОДЗЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЛЬСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Резюме

Исследования электронных обнаруживателей подземных устройств проведенные Институтом геодезии и картографии имели целью проверку пригодности этих приспособлений для геодезических работ по инвентаризации подземного городского хозяйства, в частности — определение точности локализации положения провода (плановое положение) а также определение диапазонов действия приспособлений.

Были намерения произвести исследования трех обнаруживателей польского производства, в частности:

- обнаруживатель ПОЛЬТРАС,
- локализатор ЛР-1,
- искатель СТУ-2.

На практике проводились измерения с помощью первых двух: обнаруживателя ПОЛЬТРАС и локализатора ЛР-1. Замечания касающиеся искателя СТУ-2 получено на основании анализа параметров прибора и наблюдений его поведения во время работ производимых предприятием.

Метод исследования приспособлений ПОЛЬТРАС и ЛР-1 состоял в обнаружении нескольких видов подземных проводов, г.н. „базисов”, положение которых было определено раньше методом непосредственной инвентаризации (вскрытия). Одновременно сравнивались результаты полученные при обнаруживании проводов приборами обоих видов. Эти измерения дали возможность произвести независимое определение средних квадратических ошибок обнаружения упомянутых проводов и диапазона действия приборов.

Обнаруживатель ПОЛЬТРАС позволяет локализовать подземные устройства со случайной ошибкой отдельного измерения заключающейся в пределе $5 \div 14$ см, что соответствует средней квадратической ошибке около 10 см.

В случае локализатора типа ЛР-1 случайные ошибки заключаются в пределе $4,5 \div 12$ см; средняя квадратическая ошибка равняется около 7 см. Диапазон действия прибора ПОЛЬТРАС (расстояние между передатчиком и приемником) в случае применения индукционного метода равняется 25 метров, а локализатора ЛР-1 — 50 метров.

Диапазон действия обоих приспособлений уменьшается по мере увеличения помех и тогда когда провод находится более глубоко. Применяя гальванический метод диапазон действия приборов увеличивается примерно на 100%.

Из-за небольшого количества наблюдений приведенные выше данные носят предварительный характер. Однако они позволяют заключить, что в незначительной степени локализатор ЛР-1 превосходит обнаруживатель ПОЛЬТРАС по точности определения положения провода, а также является более удобным при пользовании. Достоинством обоих приборов является небольшой вес: ЛР-1 около 4,5 кг, ПОЛЬТРАС — около 8 кг.

Относительно искателя СТУ-2 можно сказать, что:

- прибор весит почти 40 кг, что значительно усложняет его применение и вызывает необходимость иметь соответствующую тележку для перевозки,
- прибор работает исключительно гальваническим методом,
- искатель СТУ-2 не превосходит по достоинствам обнаруживателя типа ПОЛЬТРАС и локализатора ЛР-1.

ESTIMATION OF THE UTILITY OF SOME UNDERGROUND INSTALLATIONS DETECTORS OF POLISH CONSTRUCTION

Summary

The examination of the electronic detectors of underground installations was carried out in IGiK with the purpose of estimating their usefulness for survey works connected with the inventory of the armament of the terrain. In particular — the aim of those studies was to determine the accuracy of localizing the route of the cable, pipe line, conduit, main etc. (in horizontal plane) and to define the range of detection ability of the instruments.

It was supposed to examine three following detectors of Polish construction:

- detector POLTRAS,
- localizer LR-1,
- searcher STU-2.

Practically, the observations were executed with the detector POLTRAS and the localizer LR-1; as for the searcher STU-2 — the remarks given by the author are based on the analyse of instrument parameters and on the observation of its work in one of survey enterprises.

The method of examining POLTRAS and LR-1 instruments consisted in detecting underground installations of various kind which exact position had been formerly determined by direct measurement. The results obtained by using both detectors were also compared between them. These measurements allowed to obtain the independent determinations of mean errors of detecting the position of the cables and the ranges of detection ability of the instruments.

The detector POLTRAS gives accidental errors characterized by typical mean error varying from 5 cm to 14 cm; its mean value is about 10 cm.

The mean errors given by the localizer LR-1 change from 4.5 to 12 cm, and their mean value amounts to about 7 cm. The range of detection ability of POLTRAS (distance from the sender to the receiver) is 25 m when the induction method is applied; for the instrument LR-1 this distance is 50 m. The deeper is the position of the cable and the more disturbed are the underground conditions, the smaller is the range of detection ability of both instruments. With the use of galvanical method this range increases by 100 per cent.

The above data have a provisional character as the number of checking observations was rather limited. Nevertheless they allow to fix a certain superiority of the detector LR-1 over POLTRAS as far as the accuracy of localizing the position of the underground installation and the convenience of operating the instrument are concerned. The advantage of both detectors is their small weight: about 4.5 kG and 3.8 kG for LR-1 and POLTRAS respectively.

The remarks concerning the instrument STU-2 are as follows:

- the searcher STU-2 weighs about 40 kG which makes its use very difficult and requires a special truck for transport,
- the instrument works exclusively by galvanical method,
- the searcher STU-2 does not seem to have any feature of superiority over the detector POLTRAS and the localizer LR-1.

SPIS TREŚCI

WOJCIECH BYCHAWSKI

ANDRZEJ NOWOSIELSKI

Zastosowanie fotogrametrii naziemnej do określania kształtu konstrukcji
będących zmateriałizowaną postacią walca lub płaszczyzny 3

TADEUSZ WYRZYKOWSKI

TERESA BARANOWSKA

Zmiany wysokości reperów na głównych liniach niwelacji precyzyjnej
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wyznaczone przez porównanie po-
miarów z 1967 roku z wcześniejszymi 29

STEFANIA PACHELSKA

Badanie i ocena przydatności niektórych wykonanych w Polsce wykry-
waczy urządzeń podziemnych 47

СОДЕРЖАНИЕ

ВОИЦЕХ БЫХАВСКИ
АНДЖЕЙ НОВОСЕЛЬСКИ

Применение наземной фотограмметрии к определению формы конструкции являющейся материализованной осанкой цилиндра или плоскости

3

ТАДЕУШ ВЫЖИКОВСКИ
ТЕРЕСА БАРАНОВСКА

Изменения высот реперов главных линий прецизионной нивелировки Горнослезского Угольного Бассейна на основе сравнения измерений 1967 года с предыдущими измерениями

29

СТЕФАНИЯ ПАХЕЛЬСКА

Исследования и оценка пригодности некоторых обнаруживателей подземных устройств польского производства

47

CONTENTS

WOJCIECH BYCHAWSKI
ANDRZEJ NOWOSIELSKI

Application of Ground-Photogrammetry for Defining the Shape of Con-
structions Being the Materialized Form of a Cylinder or a Plane . . . 3

TADEUSZ WYRZYKOWSKI
TERESA BARANOWSKA

The Changes of Heights of the Precise Levelling Benchmarks in Upper
Silesia Coal-Basin, as Determined by Means of Comparison of Observa-
tions Executed in 1967 with Previous Measurements 29

STEFANIA PACHELSKA

Estimation of the Utility of Some Underground Installations Detectors
of Polish Construction 47