

Przyrządy najdogodniejsze do zdjęć rozpoznawczych są: busola z poziomnikami i niwelator o silnej lunecie, łatwo dający się ustawiać, albo też stolik mierniczy i celownica. Odległości mierzy się przeważnie zapomocą dalekomierza, w który winny być zaopatrzone lunety przy niwelatorze i celownicy. Wysokości mogą być określane zapomocą zdjęcia kątów w płaszczyźnie pionowej, niwelator zaś używany bywa przeważnie do poziomowania przelotnego punktów stałych (reperów) w odległości 1 do 1½ kilometra wzdłuż linii. W miejscowościach górzystych do określenia wysokości może być używany barometr sprężynowy.

Wyniki pomiarów i poziomowania przenosi się na plan przebytej miejscowości i przekrój podłużny projektowanej linii.

Na *planie* miejscowości, którego podziałka w zależności od warunków miejscowych przyjmuje się zwykle 1 : 10 000 do 1 : 2 000, należy oznaczyć linię zasadniczą (wielobok), wymierzoną w kierunku projektowanym, albo linię pomocniczą, oraz szczegóły przyległej miejscowości, zdjęte na oko lub zapomocą przyrządów.

Szerokość pasa, objętego planem, zależy od układu terenu. W miejscowości równej i gdzie projektowana linia może być bezpośrednio wytknięta w danym kierunku, odchylenie zaś tego kierunku (czego potrzeba może wyniknąć w następstwie) nie napotka trudności, dostateczne bywa niekiedy wyznaczyć na oko położenie rzek, dróg, granic lasów, łąk i t. p., które przecina projektowana linia. Przeciwnie, jeżeli wskutek pochyłości lub nierówności terenu, zabudowania i t. p. miejscowość posiada szczegóły, wymagające zbadania, to, wobec możliwych zmian w kierunku linii, szerokość pasa, którego plan winien być zdjęty, może dosięgać 2 do 3 kilometrów. Wskazanie, jaka winna być szerokość zdejmowanego pasa gruntu i jakie szczegóły winien plan ten obejmować, stanowi ważne zadanie kierującego poszukiwaniami ogólnikowemi, gdyż od trafności tego wskazania zależy celowość i powodzenie poszukiwań.

Przy poszukiwaniach rozpoznawczych zachodzi zwykle potrzeba oznaczenia położenia w planie i wysokości pewnych najważniejszych punktów. Zdjęcie planu z oznaczeniem krzywych jednakich wzniesień (warstwic) może stać się potrzebne tylko w szczególnie trudnych miejscowościach górzystych, zwykle zaś wykonywa się przy poszukiwaniach szczegółowych.

Przekrój podłużny projektowanej linii kreśli się w skróconej podziałce podłużnej, zwykle 1 : 50 000 lub 1 : 25 000. Ponieważ przy poszukiwaniach rozpoznawczych poziomowanie ciągle na całej długości linii nie wykonywa się, zwykle więc za podstawę do przekroju podłużnego służą wysokości poszczególnych punktów, określone przy wyznaczaniu linii i zdejmowaniu planu.

2. Porównanie różnych kierunków projektowanej linii. Zależność wydatków rocznych od kształtu linii. Wpływ niejednakowej ilości przewozów w obu kierunkach ruchu. Eksploatacyjna długość zastępcza i współczynnik zastępczy linii kolejowej.

Jeżeli rozmaite kierunki projektowanej linii różnią się znacznie między sobą pod względem kosztu ich budowy lub oczekiwanych korzyści, to wybór pomiędzy nimi nie przedstawia szczególnych trudności. Jeżeli jednak zalety pe-

i trzecim wzoru (95) wyrazy (96) i (98), a zamiast wszystkich wielkości oprócz i_1 i i_2 ich wartości liczbowe, otrzymamy następujące wzory całkowitego wydatku w złotych linii głównej na ruch i trakcję (t. j. wydatków przewozowych, pociągowych i trakcyjnych) na tonnokilometr wagonów brutto:

$$\begin{aligned} 100 k' &= 0,26 + 74,7 \times \frac{1}{Q'_m} + 31 \times \frac{Z'_m}{Q'_m} = \\ &= 0,26 + \frac{74,7}{0,9 \times 72} \times \frac{0,004 + i_1}{0,06 - 0,004 - i_1} + \\ &+ 31 \times \frac{0,9 \times 0,06 + 0,1 (0,004 + i_1)}{0,9 (0,06 - 0,004 - i_1)} \times \frac{0,004 + i'_2}{2} = \\ &= 0,26 + 1,152 \times \frac{0,004 + i_1}{0,056 - i_1} + 31 \times \frac{0,544 + i_1}{0,504 - 9 i_1} \times \frac{0,004 + i'_2}{2} \dots (101) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 100 k'' &= 0,175 + 76,2 \times \frac{1}{Q''_m} + 31 \times \frac{Z''_m}{Q''_m} = \\ &= 0,175 + \frac{76,2}{0,75 \times 72} \times \frac{0,0033 + i_1}{0,10 - 0,0033 - i_1} + \\ &+ 31 \times \frac{0,75 \times 0,1 + 0,25 (0,0033 + i_1)}{0,75 (0,10 - 0,0033 - i_1)} \times \frac{0,0033 + i''_2}{2} = \\ &= 0,175 + 1,41 \times \frac{0,0033 + i_1}{0,0967 - i_1} + 31 \times \frac{0,3033 + i_1}{0,2901 - 3 i_1} \times \frac{0,0033 + i''_2}{2} \dots (102) \end{aligned}$$

Dla wartości i_1 od 0 do 0,012 i i_2 od 0 do i_1 wzory (101) i (102) mogą być wyrażone z dokładnością do $1 \frac{1}{2} \%$ w postaci funkcji liniowych tych zmiennych:

$$100 k' = 0,352 + 34,0 i_1 + 22,9 i'_2 \dots \dots \dots (103)$$

$$100 k'' = 0,262 + 19,1 i_1 + 19,1 i''_2 \dots \dots \dots (104)$$

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| na długości 0,1 l | $\frac{V}{2}$ |
| " " 0,5 l | V |
| " " 0,4 l | $\frac{4}{3} V$ |

to średni opór na całym szlaku będzie: $0,1 \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 0,5 + 0,4 \left(\frac{4}{3}\right)^2 = 1,24$ razy większy od oporu, obliczonego według średniej szybkości.

Wobec tego we wzorach (99) i (100) wyrazy, zawierające V^2 i obliczone według średniej szybkości, powinny być zwiększone w przybliżeniu o 25%.

Zwiększenie średniego oporu pod wpływem wiatru obliczymy w przypuszczeniu, że średnia roczna szybkość wiatru, w kierunku wzdłuż pociągu (w jedną stronę przeciw biegowi, w drugą zaś z biegiem pociągu) i prostopadle do niego, wynosi w przybliżeniu 2 m/sek. = 7 km/godz. (średni wietrzyk). Powierzchnię boczną parowozu można przyjąć $\omega_1 = 50 \text{ m}^2$, wagonu osobowego $\omega'_2 = 40 \text{ m}^2$, towarowego zaś $\omega''_2 = 25 \text{ m}^2$.

Na zasadzie tych danych i posługując się wzorami Frank'a oraz wzorem (17) na str. 105, otrzymamy średni opór pociągu osobowego w kg/t:

$$\begin{aligned} w' &= 2,89 + 0,000519 (1,25 \times 40^2 + 7^2) + 0,1225 (50 + 40 \times 11) \times \frac{7^2}{6 \times 3,6^2 \times 278} = \\ &= 2,89 + 1,02 + 0,13 = 4,0 \text{ kg/t,} \end{aligned}$$

pociągu zaś towarowego:

$$\begin{aligned} w'' &= 2,72 + 0,000512 (1,25 \times 24^2 + 7^2) + 0,1225 (50 + 25 \times 35) \times \frac{7^2}{6 \times 3,6^2 \times 505} = \\ &= 2,72 + 0,40 + 0,14 = 3,3 \text{ kg/t.} \end{aligned}$$

Podstawiając te wyrazy we wzór (95), otrzymamy całkowity wydatek roczny na budowę i eksploatację linii głównej poza stacjami (w złotych):

$$K = (Ar + 1953) l + (0,352 + 34,0 i_1 + 22,9 i_2') \frac{q'l}{100} + \\ + (0,262 + 19,1 i_1 + 19,1 i_2'') \frac{q''l}{100} \dots \dots \dots (105)$$

Wydatek ten może być wyrażony w zależności od ilości przewozu netto, a mianowicie od ilości osobokilometrów pl i tonnokilometrów towarów tl , jeżeli zauważymy, że według statystyki dr. żel. rosyjskich przypada 1,47 tonny brutto ciężaru pociągów osobowych (wagonów) na jednego podróżnego i 2,2 tonny ciężaru brutto pociągów towarowych na jedną tonnę ładunku. Na zasadzie tych danych zamiast wzoru (105) można napisać:

$$K = (Ar + 1953) l + (0,517 + 50,0 i_1 + 33,7 i_2') \frac{pl}{100} + \\ + (0,576 + 42,0 i_1 + 42,0 i_2'') \frac{tl}{100} \dots \dots \dots (106)$$

W tym wzorze oznacza p ilość podróżnych, a t ilość tonn ładunków, przebiegających całą długość linii.

Wzory (105) i (106) zestawiono na zasadzie rzeczywistych wyników eksploatacji Europejskiej sieci dróg żelaznych Państwa Rosyjskiego w okresie lat kilkunastu przed wojną 1914 r. Wyrażają one całkowity wydatek roczny w złotych na budowę i eksploatację linii głównej poza stacjami w zależności od kształtu linii kolejowej, a mianowicie od jej długości l w kilometrach i pochylenia miarodajnego i_1 i zastępczego i_2 .

Gdy dla porównywanych kierunków linii kolejowej, która się projektuje, wiadome są wydatki linjowe A na budowę jednego kilometra w każdym z tych kierunków oraz przewidywana ilość przewozu: tonnokilometrów brutto $q'l$ i $q''l$, albo osobokilometrów pl i tonnokilometrów ładunków netto tl , to można ocenić względne korzyści rozpatrywanych kierunków. Jeżeli pochylenie miarodajne linii dane jest według warunków projektu, albo pozostaje w zależności od pochylenia miarodajnego sąsiednich szlaków linii, to wielkościami zmiennymi we wzorach (105) lub (106) będą tylko: długość linii, koszt jednego kilometra tejże i pochylenie zastępcze. Jeżeli zaś jest możliwość wyboru pochylenia miarodajnego, to posiłkując się wzorami (105) albo (106) można się przekonać, o ile w danym przypadku zmniejszenie lub zwiększenie jego może okazać się korzystnym. Gdyby porównywane kierunki obejmowały tylko część projektowanej linii, to należałoby przyjąć pod uwagę wydatki na budowę i eksploatację nie tylko porównywanych części linii, lecz całej linii, a mianowicie tę część pomienionych wydatków, która pozostaje w zależności od wielkości pochylenia miarodajnego linii, mającego wpływ na skład pociągów.

Kształt wzorów (105) i (106) wskazuje, że zwiększenie stromości pochylenia linii, o ile zapomocą tego środka można osiągnąć zmniejszenie długości linii, będzie tem korzystniejsze, im większe są wydatki linjowe na budowę i eksploatację jednego kilometra linii w porównaniu z ilością przewozu. Przeciwnie,

jeżeli oczekuje się znaczny ruch pociągów, korzystniejsze będzie rozwinięcie linii w celu otrzymania łagodniejszych pochyłeń. Dla linii projektowanej rozmiary ruchu osobowego z trudnością wogóle dają się obliczyć. Przewidywana do przewiezienia ilość podróżnych określana bywa w cyfrach przeciętnych i może podlegać znacznym zmianom. Jeżeli zauważymy, że przy zmienianiu się pochylenia i_2 od 0,003 do i_1 wydatki na ruch i trakcję, zawarte w wyrazach drugim i trzecim wzoru (106), wynoszą na jednego podróżnego w przybliżeniu tyle, co na tonnę ładunku (por. str. 188), to można wprowadzić do obliczeń przybliżonych zamiast podróżnych odpowiadającą im ilość ładunków i określać wydatek roczny wyłącznie w zależności od ruchu towarowego.

Z powyższego wynika, że dla określenia wydatku rocznego projektowanej linii, w celu porównania zyskowności różnych jej kierunków, do wydatków, zależnych od ruchu i trakcji i wynoszących $0,576 + 42,0 i_1 + 42,0 i_2$ złotych na km i na każde 100 tonn ładunków, albo na każdych 100 podróżnych, których przewóz przewiduje się, należy dodać wydatki linjowe na eksploatację, wynoszące w przybliżeniu po 2000 zł. na km , i procenty od kosztu budowy.

Dla bliższego objaśnienia tego obliczenia na przykładzie przypuśćmy, że ilość przewozu, oczekiwana na projektowanej linii, wynosi rocznie około 200 000 osobokilometrów i 800 000 000 t km ładunków na km , t. j. że przewidywany jest przeciętny przewóz przez całą jej długość około 100 000 osób i 400 000 000 tonn ładunków rocznie w każdą stronę. Koszta przewozu 200 000 podróżnych odpowiadają w przybliżeniu kosztom przewozu tejże ilości tonn ładunków, wobec czego w dalszych obliczeniach będziemy przyjmować za podstawę wyłącznie tylko ruch towarowy, wynoszący 1 000 000 tonn rocznie.

Pochylenie krańcowe projektowanej linii wynosi 0,006 i zbiega się z łukiem o promieniu 600 m ., a zatem pochylenie miarodajne linii będzie:

$$0,006 + \frac{650}{600 - 55} = 0,0072.$$

Na pewnej długości projektowanej linii są do wyboru dwa kierunki.

Pierwszy z nich ma długość 16,8 km , z których na poziomy i pochyłości mniejsze niż 0,0033 przypada 3,1 km , ogólna zaś wysokość pochyłości szkodliwych, t. j. takich, których stromość przewyższa 0,0033, wynosi 80 $m = 0,080 \text{ km}$. Suma kątów środkowych w łukach na pochyłościach nieszkodliwych równa się 108° , na pochyłościach zaś szkodliwych 342° . Tym sposobem pochylenie zastępcze pierwszego z rozpatrywanych kierunków linii będzie:

$$i_2 = \frac{1}{16,8} \cdot \{0,0033 \times 3,1 + 0,080 + 0,0000131 (2 \times 108 + 342)\} = 0,00577.$$

Koszta budowy linii głównej w tym kierunku obrachowano na 1 170 000 zł.

Długość linii w drugim kierunku wynosi 17,2 km , z których na poziomy i pochyłości nieszkodliwe przypada 15,3 km , ogólna zaś wysokość pochyłości szkodliwych wynosi 90 $m = 0,090 \text{ km}$. Suma kątów środkowych w łukach, położonych na pochyłościach nieszkodliwych, równa się 113° . Pochylenie zastępcze linii w drugim kierunku będzie:

$$i_2 = \frac{1}{17,2} \cdot \{0,0033 \times 15,3 + 0,090 + 0,0000131 \times 2 \times 113\} = 0,00363.$$

Koszt budowy linii głównej w drugim kierunku obliczono na 1 250 000 zł.

Jeżeli wysokość procentu przyjmiemy $4\frac{1}{2}\%$, to koszt roczny budowy i eksploatacji linii w obu kierunkach przedstawi się jak następuje:

| | Kierunek I. | Kierunek II. |
|--|-------------|--------------|
| 1) Procenty od kapitału budowy linii głównej: $Ar l =$ | 52 650 | 56 250 |
| 2) Wydatki linjowe na eksploatację: $2000 l =$ | 33 600 | 34 484 |
| 3) Wydatki przewozowe, pociągowe i trakcyjne: | | |
| $0,576 + 42 (i_1 + i_2) 10\,000 l =$ | | |
| $0,576 + 42 (0,0072 + 0,00577) 168\,000 =$ | 188 284 | — |
| $0,576 + 42 (0,0072 + 0,00363) 172\,000 =$ | — | 177 308 |
| Razem zł. | 274 534 | 268 042 |

Z tego porównania wynika, że kierunek II, pomimo, że jest dłuższy od pierwszego o $0,4\text{ km}$ i koszt jego budowy jest o $80\,000\text{ zł.}$ większy, w rzeczywistości okazuje się korzystniejszym, ponieważ daje w porównaniu z pierwszym roczną oszczędność, wynoszącą $6\,492\text{ zł.}$

Korzyści łagodniejszych pochyłeń w kierunku II byłyby nierównie znaczniejsze, gdyby ilość oczekiwanego przewozu była większa. Naprzykład, gdyby ilość oczekiwanego przewozu wynosiła nie 1 milion, lecz 1,5 miliona t/km rocznie, to kierunek II byłby korzystniejszy nawet, gdyby w nim koszt budowy linii głównej poza stacjami wynosił $1\,500\,000\text{ zł.}$ Jak wskazuje bowiem następujące obliczenie rocznych kosztów budowy i eksploatacji projektowanej linii:

w kierunku I: $52\,650 + 33\,600 + 188\,284 \times 1,5 = 368\,676\text{ zł.}$

w kierunku II: $1\,500\,000 \times 0,045 + 34\,484 + 177\,308 \times 1,5 = 367\,946\text{ zł.}$

kierunek II dawałby nawet w tym przypadku oszczędność roczną . . . 730 zł.

We wszystkich rozumowaniach poprzednich przyjmowano, że ilość przewozu jest w obu kierunkach jednakowa. Założenie to w większości przypadków jest bliskie rzeczywistości, bo różnice w naładowaniu wagonów, wobec znacznego ich ciężaru własnego, mało wpływają na ogólny ciężar pociągów.

Gdy ilość przewozu w jednym kierunku jest znacznie mniejsza niż w drugim, to okoliczność ta nie będzie miała istotnego wpływu na wielkość wydatków rocznych linii głównej na tonnokilometr brutto i, posiłkując się wzorami (105) i (106), potrzeba będzie tylko wprowadzić do rachunku mniej korzystne naładowanie wagonów w jednym z kierunków. Przypuśćmy, że ilość ładunków, których przewóz przewiduje się, wynosi w jednym kierunku t' , w kierunku zaś odwrotnym $t'' < t'$. Przy wyprowadzeniu wzoru (106) ciężar pociągu brutto przyjęto 2,2 raza większy od obciążenia. Ciężar własny wagonów, które przejdą w obu kierunkach, pozostaje oczywiście bez zmiany i wynosi:

$$2 t' (2,2 - 1) = 1,2 \times 2 t'.$$

Ponieważ ilość ładunku użytecznego, który przewiozą te wagony, wynosi $t' + t''$, więc stosunek ciężaru pociągów brutto do ciężaru użytecznego, który można nazwać współczynnikiem obciążenia, wyniesie:

$$\beta = \frac{1,2 \times 2 t' + t' + t''}{t' + t''} = 1,2 \times \frac{2 t'}{t' + t''} + 1 \quad (107)$$

Jeżeli np. $t'' = \frac{1}{2} t'$, to współczynnik obciążenia $\beta = 2,6$, zamiast przyjętego 2,2 i wobec tego wydatek, określony na zasadzie wzoru (106), powinien być zwiększony o $\frac{2,6 - 2,2}{2,2} \times 100 = 18\%$.

Podany powyżej sposób porównania zyskowności różnych kierunków linii kolejowej powinien być stosowany tylko do linii projektowanych.

Gdy jednak potrzeba porównać *zyskowność przewozu kolejami już istniejącymi*, to przy takim porównaniu nie należy przyjmować w rachubę kosztów linjowych budowy i eksploatacji. Zmiana ilości przewozu nie może mieć wpływu na wielkość kosztów linjowych, a więc z punktu widzenia ogólno-ekonomicznego wielkość ta jest obojętna przy rozpatrywaniu zmian w ilościach przewozu. Inne wydatki linii głównej, zależne od ruchu i trakcji i pozostające w stosunku prostym do ilości przewozu, wynoszą, zgodnie z wzorami (103) i (104), na 100 tonnokilometrów wagonów brutto:

$$\text{osobowych: } 100 k' = 0,352 + 34,0 i_1 + 22,9 i_2' \dots (103)$$

$$\text{i towarowych: } 100 k'' = 0,262 + 19,1 i_1 + 19,1 i_2'' \dots (104)$$

Dla linii, która byłaby na całej swej długości prosta i pozioma, a więc dla której:

$$i_1 = 0; \quad i_2' = 0,004 \text{ i } i_2'' = 0,0033$$

wydatki, które wyrażają wzory (103) i (104), wynoszą

$$100 k_0' = 0,444 \text{ i } 100 k_0'' = 0,325.$$

Wynika stąd, że *eksploatacyjna długość zastępcza linii kolejowej*, t. j. długość λ linii prostej i poziomej, na której wydatki, zależne od ruchu i trakcji, byłyby takie same jak na danej linii o długości l , otrzyma się ze wzorów: dla ruchu osobowego

$$\lambda' = \frac{k'}{k_0'} l = (0,794 + 76,6 i_1 + 51,5 i_2') l \dots (108)$$

i dla ruchu towarowego

$$\lambda'' = \frac{k''}{k_0''} l = (0,808 + 58,7 i_1 + 58,7 i_2'') l \dots (109)$$

zaś współczynnik zastępczy η otrzyma się odpowiednio:

$$\eta' = \frac{\lambda'}{l} = \frac{k'}{k_0'} = 0,794 + 76,6 i_1 + 51,5 i_2' \dots (110)$$

$$\eta'' = \frac{\lambda''}{l} = \frac{k''}{k_0''} = 0,808 + 58,7 i_1 + 58,7 i_2'' \dots (111)$$

Jak widać, współczynnik ten pozwala wnioskować, w jakim stopniu ilość przewozu wpływa na ogólne wydatki roczne danej linii kolejowej, długość zaś zastępcza wykazuje wielkość tych kosztów. Z tego powodu obie te wielkości mają bardzo ważne znaczenie przy rozstrzyganiu pytania, którymi z istniejących linii korzystniej jest z punktu widzenia ogólno-ekonomicznego kierować przewóz towarów, a także przy ocenianiu wyników eksploatacji.

Oczywiście, że długość zastępcza może służyć również do porównywania kierunków linii budowanych, lecz wtedy należy ją pomnożyć przez koszt tonnokilometra na prostej poziomej i przez ilość tonnokilometrów i dodać do tego kosztu linjowe. Wobec tego prościej będzie przeprowadzić obliczenie na zasadzie wzorów (106) albo (107).