ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985
Seria: TRANSPORT z. 3 Nr kol. 829

Stanisław KRAWIEC

DŁUGOŚĆ PRZELOTU SIECI TRAKCYJNEJ NA TERENACH OBJĘTYCH WPŁYWAMI SZKÓD GÓRNICZYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodę obliczania długości przelotu sieci trakcyjnej z uwzględnieniem dodatkowego przemieszczania się i przechyłu konstrukcji wsporczych na skutek występowania szkód górniczych.
Rozważona jest także możliwość kompensacji niekorzystnych oddziaływań szkód górniczych w celu zachowania standardowej długości przelotu.

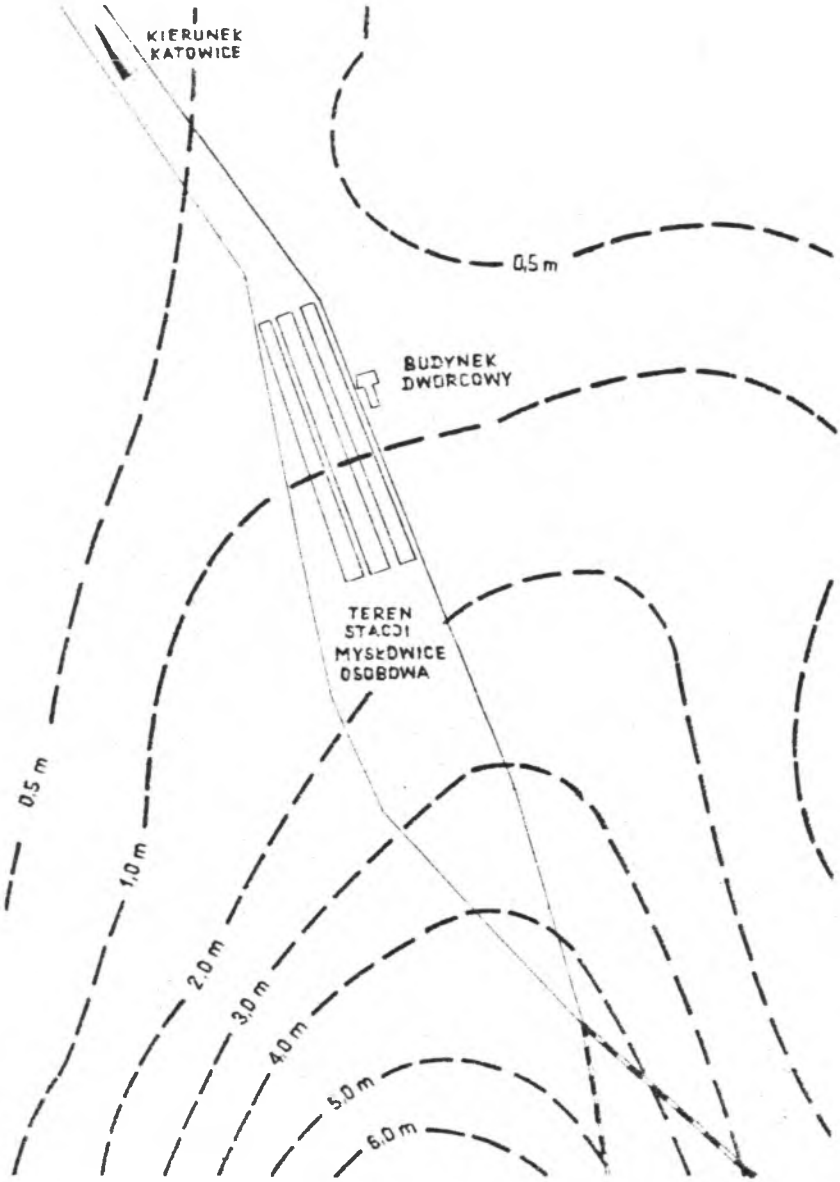
1. Wprowadzenie

Górnośląski Okręg Przemysłowy jest jednym z nielicznych w Europie pod względem koncentracji przemysłu ciężkiego i wydobywczego. Wynika stąd stale wzrastające zapotrzebowanie na usługi przewozowe, szczególnie na przewozy węgla. Obok znanych problemów związanych z możliwościami przepustowości szlaków i stacji oraz powiązaniem ruchu towarowego z osobowym na obszarze podległym Śląskiej DOKP występują dodatkowe utrudnienia spowodowane oddziaływaniem szkód górniczych.

Na terenach objętych bezpośrednimi wpływami szkód górniczych znajduje się 77 stacji oraz szlaki o długości przekraczającej 300 km. Szkody górnicze oddziałują na wszystkie obiekty i urządzenia kolejowe znajdujące się na danym terenie, począwszy od budynków a kończąc na torach i urządzeniach ZRKiŁ. Sytuacja niewiele zmieni się także w najbliższych latach, czego przykładem może być orientacyjna, długoterminowa prognoza opadania terenu na lata 1980 - 2005 dla stacji Mysłowice przedstawiona wstępnie przez kopalnię Niwka - Modrzejów (rys. 1) [2] . Przewidywana jest różnica opadania terenu w rejonie stacji nawet rzędu kilku metrów, co wpłynie niewątpliwie na stan wszystkich znajdujących się i eksploatowanych na stacji urządzeń.

2. Wpływ oddziaływania szkód górniczych na sieć trakcyjną

Sieć trakcyjna, spełniająca swe wielorakie mechaniczne i elektryczne zadania jest jedną z tych instalacji, która jest najbardziej zagrożona na skutek występowania szkód górniczych.



Rys. 1. Przykładowe prognoze opadania terenu na lata 1980 - 2005

Do najczęściej spotykanych nieprawidłowości w pracy sieci trakcyjnej wywołanych eksploatacją górniczą można zaliczyć:

- blokowanie ciężarów naprężających na słupach końcowych,
- nieprawidłowości zwisów i naprężeń lin nośnych i drutów jezdnych,
- nadmierne wychylenia i przesunięcia konstrukcji wsporczych.

Pewna część nieprawidłowości (np. nieprawidłowa wysokość zawieszenia drutu jezdnego) może być eliminowana przez okresową rektyfikację sieci trakcyjnej. Niektóre ujemne skutki oddziaływania szkód górniczych można wyeliminować, stosując specjalne rodzaje konstrukcji wsporczych, umożliwiające wielokrotną rektyfikację sieci.

Jedną z niebezpiecznych konsekwencji nadmiernego wychylenia się konstrukcji wsporczych na szkodach górniczych (szczególnie w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru) jest możliwość wywiania drutu jezdnego znad toru, co spowodować może awarię w momencie przejazdu lokomotywy elektrycznej z podniesionym odbierakiem prądu.

Na podstawie przeprowadzonych badań [1], [5], [9] wyznaczono możliwe zmiany odsuwu sieci spowodowane przesunięciami i pochyleniami konstrukcji wsporczej w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru w zależności od tzw. kategorii szkód górniczych [10]. Wartości te przedstawione zostały w tabeli I.

Tabela I

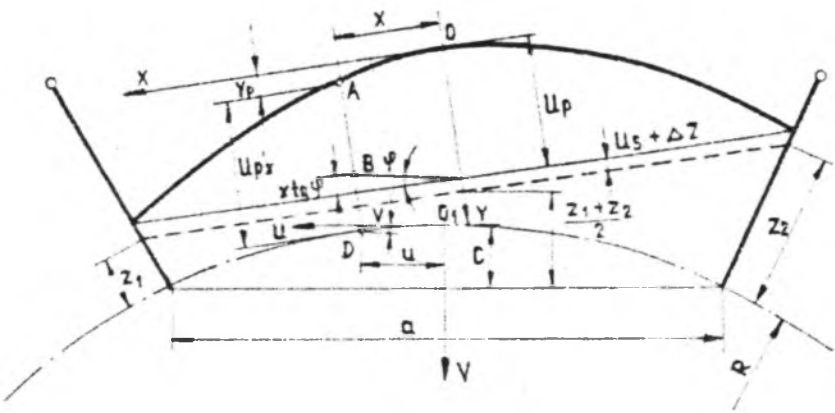
Kategoria szkód górniczych	Możliwe zmiany odsuwu sieci ΔZ [mm]
I	54,6
II	74,6
III	113,6
IV	154,6

Aktualnie te szkodliwe efekty są mało uwzględniane na etapie projektowania długości przelotu sieci trakcyjnej, a mogą mieć wpływ na bezpieczną z punktu widzenia odporności na wywianie przez wiatr długość przelotu. Na terenie Śląskiej DOKP problem ten może dotyczyć wielu spośród ponad 10000 konstrukcji wsporczych, które narażone są na odkształcenia od pierwotnego położenia.

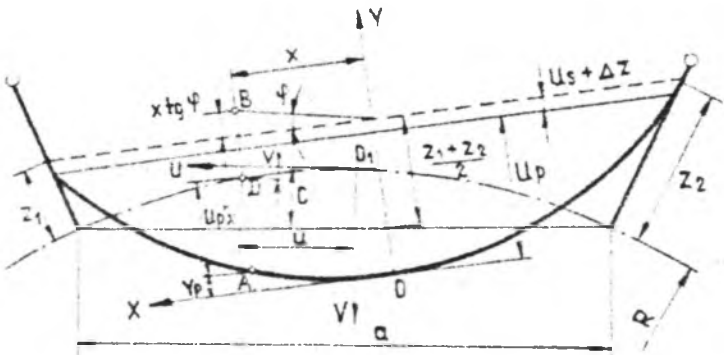
3. Obliczanie dopuszczalnej długości przęsłotu sieci trakcyjnej na szkodach górniczych

Obliczanie długości przęsłotu łańcuchowej sieci trakcyjnej może być przeprowadzane podobnie jak dla sieci płaskiej [1] przyjmując, że wychylenie linki nośnej i drutu jezdnego pod wpływem siły parcia wiatru jest jednakowe, a wzajemne oddziaływanie jest minimalne. Obliczenia przeprowadzone zostaną dla przęsłotu znajdującego się na łuku, z uwzględnieniem wiatru wiejącego w kierunku środka łuku jak i wiatru wiejącego w kierunku przeciwnym.

Sytuacja w planie zachowania się przewodu pod wpływem wiatru przedstawiona została na rys. 2 i rys. 3 [4].



Rys. 2. Schemat wypartego przez wiejący od środka łuku wiatr przewodu



Rys. 3. Schemat wypartego przez wiejący do środka łuku wiatr przewodu

Linia przerywana oznacza położenie w planie przewodu bez uwzględniania pochylenia konstrukcji wsporczych. Linia ciągła przedstawia sytuację, w jakiej znajduje się przewód pod wpływem odchylenia się od pionu konstrukcji wsporczych na wysokości zawieszenia przewodu, na skutek napierającej siły wiatru (U_s) i oddziaływania szkód górniczych (ΔZ).

Na rys. 2 i 3 zaznaczone są dwa układy współrzędnych: XOY oraz UO_1V. W układach tych przedstawione zostały wielkości występujące w poniższych rozważaniach.

Odległość między wywianym przewodem a osią toru U_{px} można obliczyć z następujących zależności geometrycznych:

- dla przypadku, gdy wiatr wieje od środka łuku (rys. 2),

$$U'_{px} = AE + BD$$
$$U'_{px} = (U_p - Y_p - x \cdot tg\varphi) + (\frac{Z_1 + Z_2}{2} + U_s + \Delta Z - C + v) \qquad (1)$$

- dla przypadku, gdy wiatr wieje do środka łuku (rys. 3)

$$U''_{px} = AB - BD$$
$$U''_{px} = (U_p - Y_p + x \cdot tg\varphi + U_s + \Delta Z) - (\frac{Z_1 + Z_2}{2} - C + v) \qquad (2)$$

Porównując zależności (1) i (2) można otrzymać wspólną zależność na odległość wywianego przewodu od osi toru.

$$U_{px} = U_p - Y_p \pm (\frac{Z_1 + Z_2}{2}) \mp C \pm v + x \cdot tg\varphi + U_s + \Delta Z \qquad (3)$$

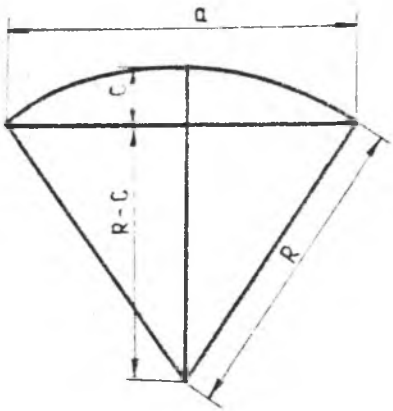
W wyrażeniu tym znaki górne odnoszą się do przypadku, gdy wiatr wieje do środka łuku.

Wielkość Y_p można przedstawić w funkcji naciągu przewodu i siły parcia wiatru w następujący sposób:

$$Y_p = \frac{Wx^2}{2N}$$

Podstawiając w miejsce x połowę długości przelotu, czyli $\frac{a}{2}$ otrzymamy wyrażenie na U_p:

$$U_p = \frac{Wa^2}{8N}$$



Rys. 4. Rysunek pomocniczy do obliczania strzałki krzywizny osi toru

Wielkość C można przedstawić w funkcji długości przelotu i promienia łuku wykorzystując proste zależności geometryczne (rys. 4).

$$\left(\frac{a}{2}\right)^2 + (R - C)^2 = R^2$$

Przyjmując, że wielkość C^2 jest dostatecznie mała i nieistotna po prostych przekształceniach otrzymamy ostatecznie zależność:

$$C = \frac{a^2}{8R}$$

Podstawiając na rys. 4 w miejsce a wielkość 2u, a w miejsce C wielkość v można w podobny sposób jak powyżej otrzymać następujące wyrażenie:

$$v = \frac{u^2}{2R}$$

Zakładając dodatkowo, że w przybliżeniu u=x oraz $tg\varphi = \frac{Z_2 - Z_1}{a}$ zależność (3) przedstawia się ostatecznie następująco:

$$U_{px} = \frac{Wa^2}{8N} - \frac{Wx^2}{2N} \pm \frac{Z_1+Z_2}{2} \mp \frac{a^2}{8R} \pm \frac{x^2}{2R} \mp \frac{Z_2-Z_1}{a}x + U_s + \Delta Z \qquad (4)$$

gdzie:

- N - naciąg przewodu w niutonach,
- W - siła parcia wiatru w niutonach/metr bieżący,
- a - długość przelotu w metrach,
- Z_1, Z_2 - długość zygzaków w metrach,
- R - promień łuku w metrach,
- U_s - odchylenie przewodu na skutek pochylenia się konstrukcji wsporczych.

Przyrównując pierwszą pochodną do zera:

$$\frac{dU_{px}}{dx} = -x\left(\frac{W}{N} + \frac{1}{R}\right) \pm \frac{Z_1 - Z_2}{a} = 0$$

otrzymać można odległość x odpowiadającą maksymalnemu odchyleniu przewodu od osi toru.

$$x = \pm \frac{Z_1 - Z_2}{\left(\frac{W}{N} + \frac{1}{R}\right) s}$$

Podstawiając otrzymaną zależność do równania (4) wielkość U_{pmax} można obliczyć następująco:

$$U_{pmax} = \frac{s^2}{8}\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) - \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{2\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) s^2} \pm \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) s^2} + U_s + \Delta Z$$

Upraszczając otrzymamy:

$$U_{pmax} = \frac{s^2}{8}\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) + \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{2\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) s^2} \pm \frac{Z_1 + Z_2}{2} + U_s + \Delta Z \tag{5}$$

Zakładając, że:

$U_{pmax} = U_{max}$ - dopuszczalne odchylenie przewodu jezdnego od osi toru w metrach,

$s = s_{max}$ - największa dopuszczalna rozpiętość przelotu sieci w metrach,

można napisać:

$$U_{max} = \frac{s_{max}^2}{8}\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) + \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{2\left(\frac{W}{N} \mp \frac{1}{R}\right) s_{max}^2} \pm \frac{Z_1 + Z_2}{2} + U_s + \Delta Z \tag{6}$$

Wielkość największej dopuszczalnej długości przelotu sieci s_{max} po odpowiednim przekształceniu matematycznym można przedstawić następująco:

$$s_{max} = \sqrt{\frac{2N}{W \mp \frac{N}{R}} \left\{ 2(U_{max} - U_s - \Delta Z) \mp (Z_1 + Z_2) + \sqrt{\left[2(U_{max} - U_s - \Delta Z) \mp (Z_1 + Z_2)\right]^2 - (Z_1 - Z_2)^2} \right\}} \tag{7}$$

Podobnie jak poprzednio, górne znaki odnoszą się do przypadku, gdy wiatr wieje od środka łuku, a dolne, gdy wiatr wieje do środka łuku.

Przyjmując, że wartości zygzaków są jednakowe:

$$Z_1 = Z_2 = Z$$

zależność (7) przedstawia się następująco:

$$a_{max} = 2\sqrt{\frac{2N}{W \mp \frac{N}{R}}\left[(U_{max} - U_s - \Delta Z) \mp Z\right]} \tag{8}$$

Dla konkretnych obliczeń przyjmowane będą znaki dolne [3].

Długość przelotu sieci trakcyjnej na linii prostej można obliczyć, przyjmując następujące założenie: $R = \infty$. Przyjmując dodatkowo, że zygzaki znajdują się po przeciwnych stronach osi toru, co powoduje zmianę znaku jednego z nich, wartość największej dopuszczalnej długości przelotu a_{max} na linii prostej przedstawia się następująco:

$$a_{max} = \sqrt{\frac{2N}{W}\left\{2(U_{max} - U_s - \Delta Z) \mp (Z_1 - Z_2) + \sqrt{\left[2(U_{max} - U_s - \Delta Z) \mp (Z_1 - Z_2)\right]^2 - (Z_1 + Z_2)^2}\right\}} \tag{9}$$

Przyjmując najczęściej występujący przypadek, gdy wartości zygzaków są jednakowe:

$$Z_1 = Z_2 = Z$$

zależność (9) przedstawia się następująco:

$$a_{max} = 2\sqrt{\frac{N}{W}\left\{U_{max} - U_s - \Delta Z + \sqrt{(U_{max} - U_s - \Delta Z)^2 - Z^2}\right\}} \tag{10}$$

W praktyce najbardziej przydatne są wyrażenia (8) i (10), które przedstawiają przypadek, gdy wartości zygzaków są jednakowe. W tabelach II, III, IV, V przedstawione zostały przykładowe wyniki obliczeń dopuszczalnej długości przelotu sieci a_{max} w zależności od kategorii szkód górniczych i naciągu przewodu dla następujących wartości promieni łuku toru: $R = \infty$, $R = 1500$ m, $R = 1000$ m i $R = 500$ m.

Do obliczeń przyjęto następujące dane liczbowe:

$Z = 0{,}4$ [m] (dla przelotu na łuku)
$Z = 0{,}3$ [m] (dla przelotu na linii prostej)
$U_{max} = 0{,}5$ [m]
$W = 4{,}67$ [N/mb] (dla wiatru o szybkości 21 m/s [1])
$U_s = 0{,}03$ [m]

Na rysunku 5 przedstawiono wykreślnie zależność dopuszczalnej długości przelotu sieci a_{max} w zależności od promienia łuku toru i kategorii szkód górniczych dla przykładowego naciągu $N = 9000$ [N].

Tabela II

Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla R = ∞		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	84,4	80,1	75,5
I	0,0546	77,6	73,6	69,4
II	0,0746	74,8	70,9	66,9
III	0,1136	68,6	65,0	61,3
IV	0,1546	59,5	56,4	53,18

Tabela III

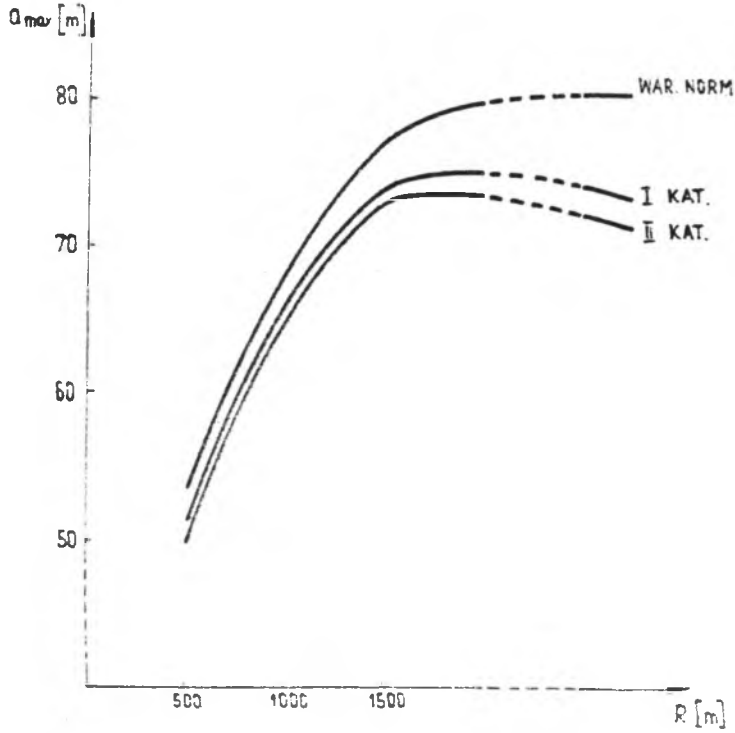
Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla R = 1500 [m]		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	78,4	76,6	74,6
I	0,0546	75,8	74,2	72,2
II	0,0746	74,9	73,3	71,3
III	0,1136	73,0	71,4	69,6
IV	0,1546	71,0	69,5	67,6

Tabela IV

Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla R = 1000 [m]		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	68,9	67,7	66,3
I	0,0546	66,7	65,5	64,2
II	0,0746	65,9	64,7	63,4
III	0,1136	64,2	63,1	61,8
IV	0,1546	62,5	61,4	60,1

Tabela V

Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla R = 500 [m]		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	53,1	52,6	51,9
I	0,0546	51,4	50,9	50,2
II	0,0746	50,8	50,3	49,6
III	0,1136	49,5	49,0	48,4
IV	0,1546	48,2	47,7	47,1



Rys. 5. Wykres dopuszczalnej długości przelotu sieci jako funkcja promienia łuku toru i kategorii szkód górniczych

Obliczenia dla sieci dwuprzewodowej można przeprowadzić podobnie jak dla sieci jednoprzewodowej uwzględniając zwiększoną powierzchnię boczną przewodów poprzez zwiększenie wartości współczynnika czołowego oporu przewodu z wartości 1,25 do 1,85 [1], [11], co wpływa na wzrost obliczeniowego parcia wiatru "W" z wartości 4,67 do 6,92 przy niezmienionych pozostałych parametrach występujących w obliczeniach. Przykładowe wyniki dla $R = \infty$ i dla $R = 1000$ m przedstawiono w tabelach VI i VII.

Tabela VI

Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla $R = \infty$		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	69,3	65,8	62,0
I	0,0546	63,7	60,5	57,0
II	0,0746	61,4	58,3	54,9
III	0,1136	56,3	53,4	50,4
IV	0,1546	48,8	46,3	43,7

Tabela VII

Kat. Szkód Górniczych	ΔZ [m]	a_{max} [m] dla $R = 1000$ [m]		
		N = 10000 [N]	N = 9000 [N]	N = 8000 [N]
warunki normalne	0	64,1	62,7	61,1
I	0,0546	62,1	60,7	59,1
II	0,0746	61,3	60,0	58,4
III	0,1136	59,8	58,5	57,0
IV	0,1546	58,1	56,9	55,4

Na podstawie przedstawionych w tabelach wyników obliczeń można stwierdzić, że wraz ze wzrostem kategorii szkód górniczych maleje maksymalna możliwa do przyjęcia długość przelotu sieci trakcyjnej. Wpływ oddziaływania szkód górniczych na długość przelotu dla toru zbudowanego na łuku jest wyraźnie mniejszy niż dla toru znajdującego się na odcinku prostym (długość przelotu na łuku maleje średnio o 1,5 - 3% dla każdej kolejnej kategorii szkód, a na odcinku prostym średnio o 5 - 9% dla każdej kolejnej kategorii szkód).

4. Ocena możliwości zapobiegania wpływom szkód górniczych na długość przelotu sieci trakcyjnej

Zmniejszanie długości przelotu sieci trakcyjnej na terenach objętych wpływami szkód górniczych w celu zabezpieczenia się przed ujemnymi skutkami ich oddziaływania nie jest rozwiązaniem optymalnym, bowiem powoduje zwiększenie kosztów elektryfikacji a także jest praktycznie niewykonalne na już istniejącej sieci. Aby nie dopuścić do zmian długości przelotu tzn. zachować długość przelotu taką, jaka występuje na terenach nie objętych wpływami szkód górniczych, należy rozważyć możliwość zmian wartości innych parametrów występujących w równaniach (7) - (10). Analiza ograniczona zostanie dla przypadku występującego najczęściej, gdy wartości zygzaków są jednakowe.

Teoretycznie istnieją następujące możliwości kompensacji wpływów szkód górniczych na długość przelotu:

- zmiana długości zygzaku,
- zmiana wielkości naciągu,
- zastosowanie innej techniki zawieszenia sieci.

Przekształcając równanie (10) otrzymamy wyrażenie uzależniające odsuw sieci trakcyjnej ΔZ spowodowany oddziaływaniem szkód górniczych od pozostałych parametrów występujących w równaniu określającym długość przelotu a_{max} dla sieci o jednakowych zygzakach zawieszonej nad prostym odcinkiem toru.

$$\Delta Z = U_{max} - U_s \frac{Wa^2_{max}}{8N} - \frac{2\,Z^2 N}{Wa^2_{max}} \tag{11}$$

Przyjmując założenie, że a_{max} w powyższym równaniu to długość przelotu dla przypadku, gdy nie występują szkody górnicze ($a_{max\,0}$) istnieje możliwość badania wpływu wybranych parametrów na zmianę odsuwu sieci ΔZ.

Przyjmując założenie, że $Z = 0$ otrzymamy wyrażenie na maksymalną wartość ΔZ, którą można skompensować poprzez zaniechanie zygzakowania.

$$\Delta Z = U_{max} - U_s - \frac{W a_{maxO}^2}{8N} \tag{12}$$

Korzystając ponownie z równania (10) można obliczyć wartość a_{maxo} zakładając, że $\Delta Z = 0$.

$$a_{maxO} = 2\sqrt{\frac{N}{W}\left(U_{max} - U_s + \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - Z_0^2}\right)} \tag{13}$$

gdzie:

Z_0 - wartość zygzaku przed kompensacją.

Podstawiając (13) do (12) otrzymujemy następujące wyrażenie na wartość odsuwu ΔZ, którą można skompensować poprzez całkowite zaniechanie zygzakowania sieci:

$$\Delta Z = \frac{U_{max} - U_s - \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - Z_0^2}}{2} \tag{14}$$

Podstawiając wartości użyte w rozdziale poprzednim otrzymamy następującą wartość ΔZ możliwą do skompensowania:

$\Delta Z = 0{,}0541$ [m]

Z powyższych rozważań wynika, że poprzez zaniechanie zygzakowania sieci na odcinkach prostych można skompensować prawie całkowicie wpływy szkód górniczych odpowiadające pierwszej kategorii szkód i zachować długość przelotu. Rozwiązanie takie jest jednak niemożliwe z innych eksploatacyjnych powodów.

Zwiększanie wartości zygzaków powyżej 0,3 m nie może być brane pod uwagę jako metoda kompensacji szkód górniczych, bowiem w takim przypadku wzrosłaby jeszcze bardziej możliwość wywiania sieci przez wiatr.

Częściowe zmniejszenie wartości zygzaku (np. do wartości 0,2 m) nie jest w stanie całkowicie skompensować wpływów I kategorii szkód, ale może spowodować uodpornienie sieci na oddziaływania górnicze. Badania wpływu zmniejszania wartości zygzaku na możliwość częściowej kompensacji szkód górniczych jest możliwe na podstawie zależności (11) wstawiając w miejsce a_{max} wielkość a_{maxO} z zależności (13). Pełniejszą analizę wpływu różnych wariantów wartości zygzaków sieci Z_1, Z_2 (w tym także niejednakowych) na kompensację szkód górniczych umożliwia przekształcone równanie (9), w którym w miejsce a_{max} podstawiono a_{maxO} z zależności (13).

$$\Delta Z = \frac{U_{max} - U_s - \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - Z_0^2}}{2} = \frac{Z_1 - Z_2}{2} - \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{8(U_{max} - U_s + \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - Z_0^2})} \tag{15}$$

Dla przypadku $Z_1 = Z_2 = 0$ otrzymamy dyskutowane już równanie (14).

W procesie analizy równania (15) (szczególnie zaś w przypadku rozważania zygzaków o niejednakowych wartościach) należy dążyć do maksymalizacji wartości ΔZ starając się zachować jednocześnie maksymalnie zbliżone do Z_0 wartości zygzaków Z_1 i Z_2.

W przypadku ogólnym z dwóch obliczonych alternatywnych wartości należy przyjmować wynik gorszy. Znając jednak w przypadkach indywidualnych kierunek oddziaływania szkód górniczych i stosując sieć z nierównymi zygzakami można przyjąć wynik lepszy, jeżeli zygzak mniejszy znajdzie się po tej stronie toru, na którą będą przechylały konstrukcje wsporcze. Takie rozwiązanie możliwe jest jednak dopiero na etapie kolejnych rektyfikacji sieci, kiedy szkody górnicze już wystąpiły, bowiem zawieszenie sieci o nierównomiernych zygzakach na przelocie o długości a_{max0} spowodowałyby brak odporności na wywianie przez wiatr w momencie zawieszenia sieci, co można sprawdzić korzystając z równania (6).

Metodą kolejnych rektyfikacji wartości zygzaków sieci można dla indywidualnych przypadków skompensować całkowicie wpływy szkód górniczych, znając aktualną wartość ΔZ i rozwiązując dla danego ΔZ np. następujący prosty układ równań (dla $Z_1 > Z_2$):

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 = 0{,}6 \text{ m} \\ \dfrac{Z_1 - Z_2}{2} = \Delta Z \end{cases}$$

Ze względu na brak odpowiedniego oprzyrządowania proponowana metoda jest jednak trudna do wykonania przy aktualnej organizacji prac związanych z okresową rektyfikacją sieci trakcyjnej.

Inną możliwością kompensacji wpływów szkód górniczych w celu zachowania długości przelotu jest zmiana siły naciągu przewodu. Przyjmując dla równania (13) założenie, że $N = N_0$ przyjmie ono następującą postać:

$$a_{max0} = 2\sqrt{\frac{N_0}{w}\left(U_{max} - U_s + \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - Z^2}\right)}$$

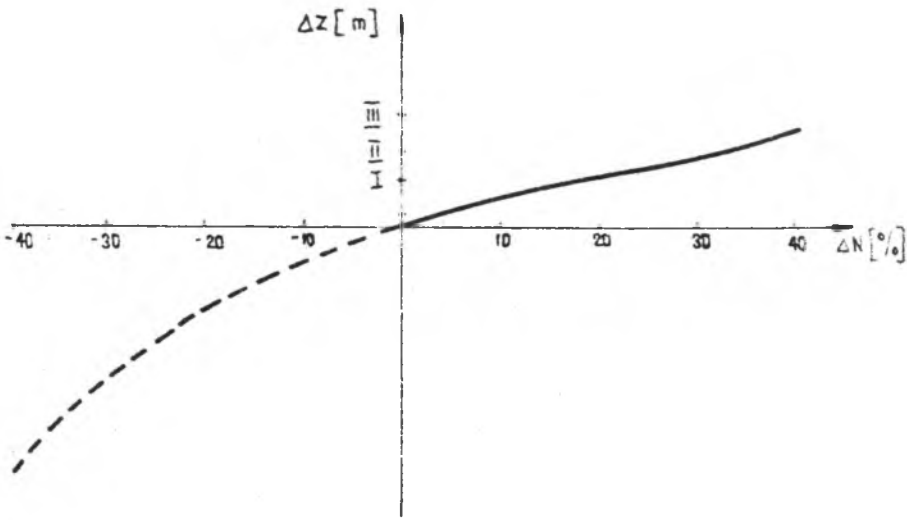
gdzie:

N_0 - wartość naciągu przed kompensacją.

Podstawiając powyższe a_{max0} w miejsce a_{max} do równania (11) otrzymamy możliwość badania wpływu zmian naciągu na zmianę odsuwu sieci ΔZ:

$$\Delta Z = U_{max} - U_s - \frac{N_0}{N} \frac{(U_{max} - U_s + \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - z^2})}{2} - \frac{z^2 \frac{N}{N_0}}{2(U_{max} - U_s + \sqrt{(U_{max} - U_s)^2 - z^2})} \tag{16}$$

Przyjmując, że $N = N_0 + \Delta N$ otrzymamy zależność przedstawiającą wpływ procentowej zmiany naciągu na kompensację wpływów szkód górniczych (ΔZ).



Rys. 6. Wpływ zmian siły naciągu przewodu na możliwość kompensacji szkód górniczych

Na rysunku 6 przedstawiono wykreślnie wpływ zmian siły naciągu przewodu na możliwości kompensacji oddziaływań szkód górniczych. Aby skompensować wpływ pełnej I kategorii szkód górniczych przy niezmienionej wartości zygzaku należałoby zwiększyć naciąg o około 18%, co dla konkretnie zawieszonej sieci jest praktycznie niemożliwe.

Korzystając z przedstawionych zależności można badać skutki jednoczesnych zmian wartości zygzaków i wartości siły naciągu przewodu na możliwość kompensacji szkód górniczych.

Dla przelotu na łuku można przeprowadzić podobną analizę wpływów poszczególnych parametrów na możliwości kompensacji wpływów szkód górni-

czych jak dla przelotu na linii prostej korzystając z zależności (8). Dla rozważania wpływu zmiany zygzaku jest to jednak zbyteczne, bowiem z wyrażenia (8) wprost wynika, że zwiększając wartości zygzaku można w sposób proporcjonalny kompensować wpływy szkód górniczych. Operacja taka jest jednak możliwa tylko w przypadkach indywidualnych, gdy znany jest kierunek oddziaływań szkód a jednocześnie musi być ona przeprowadzana stopniowo wraz ze wzrostem kategorii szkód.

Badanie możliwości kompensacji szkód górniczych na łuku poprzez zmianę naciągu umożliwia następujące wyrażenie:

$$\Delta Z = (U_{max} - U_s + Z) \cdot \left(1 - \frac{N_0(W + \frac{N}{R})}{N(W + \frac{N_0}{R})}\right) \tag{17}$$

gdzie:

N_0 - wartość naciągu przed kompensacją.

Przyjmując, że $N = N_0 + \Delta N$ można dla konkretnych przypadków obliczyć potrzebny do kompensacji wzrost siły naciągu.

Rozpatrywane metody kompensacji wpływów szkód górniczych na długość przelotu sieci trakcyjnej poprzez zmianę wartości zygzaków czy siły naciągu nie są zbyt efektywne. Najskuteczniejszą metodą na zachowanie pełnej odporności sieci trakcyjnej na wpływ szkód górniczych byłoby poważne zmniejszenie długości przelotu, co ze względu na koszty jest trudne do przeprowadzenia szczególnie dla sieci już istniejącej.

Analiza możliwości zastosowania nietypowych (z punktu widzenia aktualnego stanu sieci na obszarze GOP) rozwiązań mających na celu poziome usztywnienie sieci (np. sieć rombowa) jest tematem zbyt obszernym i zostanie przeprowadzona oddzielnie.

5. Podsumowanie

Wpływ oddziaływań szkód górniczych spowodować może w niekorzystnych warunkach brak odporności sieci trakcyjnej na możliwość wywiania przez wiatr, czego efektem mogą być przypadki zerwania sieci przez pojazd trakcyjny. Istnieją jednak możliwości kompensacji tych niekorzystnych oddziaływań na etapie projektowania oraz na etapie rektyfikacji sieci trakcyjnej. Na etapie projektowania najlepsze efekty daje zmniejszenie długości przelotu sieci trakcyjnej, co całkowicie kompensuje ewentualne skutki oddziaływań szkód górniczych. Na etapie rektyfikacji sieci (dla sieci już istniejących) możliwości kompensacji wpływów szkód górniczych są ograniczone, lecz w przypadkach indywidualnych możliwe poprzez zastosowanie okresowej zmiany wartości zygzaków.

LITERATURA

[1] Fidrych Z.: Długość przelotu sieci trakcyjnej na szkodach górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Transport nr 1/1983.

[2] Fidrych Z. i inni: Analiza zachowania się sieci trakcyjnej na stacjach objętych wpływami deformacji górniczych i wnioski. COBiRTK temat 3115/16, Katowice 1982.

[3] Frajfeld A.W.: Projektirowanie kontaktnoj sieti. Wyd. "Transport", Moskwa 1978.

[4] Markverd K.G., Własow I.I.: Kontaktnaja siet. Wyd. "Transport", Moskwa 1977.

[5] Matuszek J.: Określenie warunków pracy sieci trakcyjnej zawieszonej na konstrukcjach wsporczych bramkowych i zawieszeniach poprzecznych na terenach eksploatacji górniczej. Prace COBiRTK Z.80/81 WKiŁ, Warszawa 1981.

[6] Osica J., Ranc B.: Sieć trakcyjna PKP na terenach objętych szkodami górniczymi. Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny nr 2/69.

[7] Piątek B.: Oddziaływanie eksploatacji górniczej na kolejową sieć trakcyjną. Trakcja i Wagony nr 9/1978.

[8] Siemiński T.: Wpływ parcia wiatru na sieć trakcyjną 3 kV. Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny nr 7/1968.

[9] Szumierz W.: Określenie stopni odporności na oddziaływanie górnicze elementów składowych drogi kolejowej. Temat 3030/16. COBiRTK 1975.

[10] Opracowania Komisji Ochrony Powierzchni przed Szkodami Górniczymi przy Wyższym Urzędzie Górniczym. Biuletyn nr 4, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1969.

[11] Własow I.I.: Kontaktnaja siet. Wyd. "Transport", Moskwa 1964.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Przemysław Pazdro

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1984 r.

ДЛИНА ПРОЛЁТА КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ В РАЙОНАХ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ УЩЕРБОВ

Р е з ю м е

В статье обсуждено метод расчёта длины пролёта контактной подвески с учетом дополнительного перемещения и наклона опор вследствие существования горнопромышленных ущербов.

Рассуждено тоже возможность компенсации отрицательных влияний горнопромышленных ущербов к цели сохранения стандартной длины пролёта.

THE LENGTH OF THE PASSAGE OF A CONTACT SYSTEM ON THE MINING DAMAGES AREA

S u m m a r y

This paper presents the method of calculating the length of the passage of a contact system with regard to displacement and tilt of the supporting constructions caused by the presence of the mining damages. The possibility of compensating the disadventageous influence of mining damages in order to preserve the standard length of the passage, is also considered.