

Adam NOWAKOWSKI

OBLICZANIE RUROCIĄGÓW NA TERENACH GÓRNICZYCH
Z UWZGLĘDNIENIEM ODKSZTAŁCALNOŚCI MATERIAŁU RUR
I OŚRODKA GRUNTOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały zasady obliczania rurociągów ciągłych znajdujących się pod wpływem górniczej deformacji terenu. Traktując rurociąg jako ustrój liniowy o znacznej podłużnej odkształcalności oraz przyjmując sprężystą, postaciową odkształcalność gruntu wyprowadzone zostały wzory na: naprężenia styczne w gruncie na powierzchni rury, przemieszczenia rury wzdłuż jej osi podłużnej oraz siły osiowe.

1. OKREŚLENIE ZADANIA I ZAŁOŻENIA WSTĘPNE

Rozpatrzono przypadek rurociągu podziemnego poddanego wpływowi deformacji terenu związanej z górnictwem niecką osiadania. Rurociąg o charakterze ciągłym bez dylatacji ma określoną sprężystość podłużną. Założono przy tym, że trasa rurociągu jest równoległa do tworzącej powstałej, lokalnej niecki osiadania. Przypadek takiej współpracy rurociągu z otaczającym ośrodkiem gruntowym występuje w warunkach terenów górniczych, gdy rurociąg przebiega poprzecznie do frontu robót wyeksploatowanej ściany. Wówczas bowiem w strefie booznej krawędzi wyrobiska tworzy się stacjonarna niecka osiadania.

W analizie uwzględniono sprężystą, postaciową odkształcalność gruntu w otoczeniu rury.

Skoncentrowano uwagę na przypadek rurociągów o znacznej podłużnej odkształcalności, a więc na rurociągi z tworzyw sztucznych (na przykład z PCW, polietylenu itp.). Oczekuje się przy tym, że w czasie narastającej deformacji górniczej terenu nie nastąpi przekroczenie wytrzymałości gruntu na ścinanie w rejonie ścianki rury. Założenie to jest realne właśnie wobec przyjętej dużej odkształcalności podłużnej rurociągu. Znane są bowiem opracowania odnoszące się do rurociągów o dużej sztywności podłużnej, a więc na przykład do rurociągów stalowych, w których z góry liczone się, zwłaszcza przy większych wartościach deformacji górniczej terenu, z decydującym zjawiskiem ścinania gruntu na powierzchni pobocznic rury (3) i (4) lub analizowano powstanie stref o różnym mechanizmie współpracy z otaczającym gruntem (5).

Analizę pracy rurociągu sprowadza się więc do znalezienia przebiegu zmian wartości, wzdłuż odcinka rury w rejonie niecki osiadania, następujących wielkości:

- naprężeń stycznych w gruncie na powierzchni rury,
- przemieszczeń rury wzdłuż jej osi podłużnej,
- podłużnej siły osiowej.

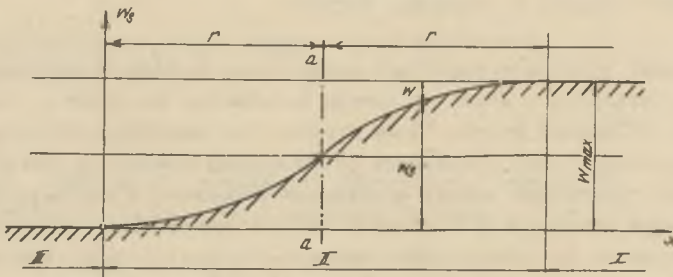
2. NIECKA OSIADANIA I JEJ BEZPOŚREDNIE ODDZIAŁYWANIE NA RUROCIĄG

Posłużono się w niniejszym opracowaniu przybliżonym równaniem kształtu tworzącej niecki osiadania podanej w pracy [1].

Równanie to ma postać:

$$w_s = \frac{W_{\max}}{2} \left[\frac{x}{r} - \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi x}{r} \right]. \quad (2.1)$$

Oznaczenia wzoru (2.1) wyjaśnia rys. 1.



Rys. 1

Wychodząc ze wzoru (2.1) uzyskuje się wzory na dalsze podstawowe wskaźniki deformacji powierzchni terenu

- nachylenie terenu

$$T = \frac{W_{\max}}{2} \left[1 - \cos \frac{\pi x}{r} \right], \quad (2.2)$$

- przemieszczenie poziome

$$u = -0,2 W_{\max} \left[1 - \cos \frac{\pi x}{r} \right], \quad (2.3)$$

- krzywizna terenu

$$K_t = \frac{\pi W_{\max}}{2r^2} \sin \frac{\pi x}{r}, \quad (2.4)$$

- odkształcenie poziome (pełzanie) terenu

$$\varepsilon = -0,2 \frac{\pi v_{\max}}{r} \sin \frac{\pi x}{r} \quad (2.5)$$

Przy wystąpieniu niecki górniczej można wydzielić, ze względu na oddziaływanie deformującego się terenu na rurociąg, trzy strefy (rys. 1).

- strefa I, odcinek rurociągu poza bezpośrednim oddziaływaniem niecki osiadania,
- strefa II, w której oddziaływanie niecki na rurociąg występuje w sposób bezpośredni,
- strefa III, odcinek rurociągu poza bezpośrednim oddziaływaniem niecki osiadania.

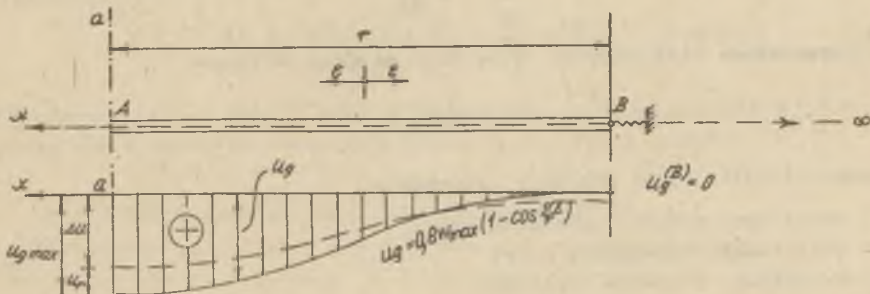
Wobec antysymetrycznego charakteru odkształceń poziomych względem osi symetrii a-a (rys. 1) należy również oczekiwać antysymetrycznego obrazu stanu deformacji i stanu naprężeń w rurociągu. Przewidywanie to uzasadnia przeprowadzenie dalszych rozważań jedynie dla półwstęgi, na przykład od przekroju a-a na prawo (rys. 1).

3. ROZWIĄZANIE ZADANIA

3.1. Schemat statyczny i metodyka rozwiązania

W nawiązaniu do końcowych uwag punktu 2 rozważa się schemat statyczny ustroju w postaci wiotkiego pręta o charakterze półwstęgi i o określonej sprężystości podłużnej.

Na odcinku A-B (rys. 2) pręt ten poddany jest wpływowi poziomych przesuńnięć przestrzeni gruntowej o zmieniających się wartościach według wzoru (2.3), zaś na odcinku "nieskończonym" (B, ∞), występuje bierna strefa kołwienia rurociągu.



Rys. 2

Jak już wspomniano poprzednio, współpraca pręta z ośrodkiem uwzględnia jego postaciową, sprężystą odkształcalność. Odkształcalność tę określa wskaźnik deformacji postaciowej podłoża k $\left[\frac{\text{MN}}{\text{m}^3} \right]$. Celem zadania jest wyznaczenie przebiegu siły osiowej w rurociągu na rozpatrywanej jego części (A, B, ∞) . Zadanie rozwiązane zostanie na zasadzie całkowania równania różniczkowego podłużnej odkształcalności sprężystej pręta wobec różnego określenia warunków współpracy pręta z ośrodkiem gruntem na odcinkach (A, B) oraz (B, ∞) . Operacja przeprowadzona będzie dwukrotnie - dla każdego odcinka oddzielnie. Warunki nierozdzielności sił i przemieszczeń w punkcie B posłużą, przy tym do określenia pojawiających się stałych całkowania.

3.2. Analiza pracy ustroju na odcinku bezpośredniego oddziaływania deformacji górniczej

Znanemu przebiegowi swobodnych, górniczych przesunięć terenu u_g na odcinku (A, B) towarzyszyć będzie podłużna deformacja rurociągu u_r o nieznanym kształcie przebiegu.

Przy założeniu układu współrzędnych, jak na rysunku 2, wzór (2.3) ma nieco zmienioną postać

$$u_g = 0,2 W_{\max} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{r} \right). \quad (3.1)$$

Na poboczniczy rury wystąpią podłużne naprężenia styczne

$$\tau = k(u_g - u_r). \quad (3.2)$$

Równanie różniczkowe podłużnego odkształcenia sprężystego pręta ma znaną postać wziętą, na przykład z pracy [6]

$$\frac{d^2 u_r}{dx^2} = - \frac{T}{EA}, \quad (3.3)$$

gdzie jednostkowa siła styczna T obliczona jest ze wzoru

$$T = \tau \pi D_z \quad (3.4)$$

We wzorach (3.3) i (3.4) przyjęto oznaczenia

E - moduł sprężystości materiału rury,

A - powierzchnia przekroju rury,

D_z - zewnętrzna średnica rurociągu.

Wstawiając przekształconą ze względu na u_r relację (3.2) oraz wyrażenia (3.1) na u_g , jak też (3.4) na T do równania (3.3) otrzymano

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[0,2 W_{\max} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{r} \right) - \frac{1}{k} \tau \right] = - \frac{\pi D_z}{EA} \tau. \quad (3.5)$$

Po wprowadzeniu oznaczeń

$$\lambda = \frac{k \pi D_z}{EA}, \quad (3.6)$$

$$a = 0,2 W_{\max} k \left(\frac{x}{r}\right)^2; \quad (3.7)$$

$$b = \frac{\sqrt{6}}{r}, \quad (3.8)$$

równaniu (3.5) nadana została prostsza postać

$$\frac{d^2 \tau}{dx^2} - \lambda \tau = a \cos bx. \quad (3.9)$$

Rozwiązaniem równania (3.9) jest całka o następującej postaci:

$$\tau = -\frac{a \cos bx}{(\lambda + b^2)} + C_1 \operatorname{ch} \sqrt{\lambda} x + C_2 \operatorname{sh} \sqrt{\lambda} x \quad (3.10)$$

Ze wzorów (3.1), (3.2) i (3.10) można otrzymać ogólny wzór na funkcję przesunięcia u_r rury, w wyniku wpływu przemieszczeń gruntu u_g .

$$u_r = 0,2 W_{\max} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{r}\right) + \frac{0,2 W_{\max} b}{\lambda + b^2} \cos \frac{\pi x}{r} - \frac{C_1}{k} \operatorname{ch} \sqrt{\lambda} x - \frac{C_2}{k} \operatorname{sh} \sqrt{\lambda} x, \quad (3.11)$$

następnie zaś, posługując się znaną formą równania różniczkowego określającego związek między siłą osiową N w przecie, a jego przesunięciami "u"

$$N = -\frac{du}{dx} EA, \quad (3.12)$$

otrzymano ogólny wzór na siłę osiową

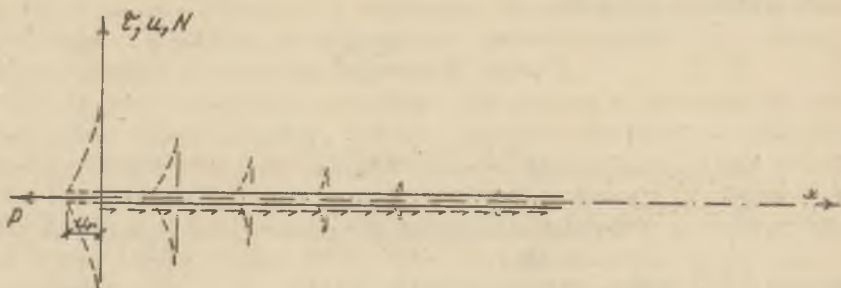
$$N = -\pi D_z \left[\frac{a}{(\lambda + b^2)b} \sin \frac{\pi x}{r} - \frac{C_1}{\sqrt{\lambda}} \operatorname{sh} \sqrt{\lambda} x - \frac{C_2}{\sqrt{\lambda}} \operatorname{ch} \sqrt{\lambda} x \right]. \quad (3.13)$$

We wzorach (3.11) oraz (3.13) pojawiają się stałe całkowania C_1 i C_2 . Zostaną one wyznaczone z warunków nierozdzielności w punkcie 3.4.

3.3. Analiza pracy ustroju na odcinku kotwienia

Wspomniana uprzednio I strefa trasy rurociągu rozważana być może jako wydzielona strefa kotwienia (rys. 3) półwstęgi rurociągu poddanej, na razie bliżej nieokreślonej, brzegowej sile rozciągającej P .

Dla niej, podobnie jak dla strefy drugiej, poszukiwane będą wielkości τ , u_r i N .



Rys. 3

Ponieważ w strefie tej $u_g = 0$, więc wzór 3.2 przyjmie postać:

$$\tau = -k \cdot u_r. \quad (3.14)$$

Równanie różniczkowe odpowiadające postaci (3.3) dla strefy II z zastosowaniem dodatkowego oznaczenia (3.6) ma postać:

$$\frac{d^2 u_r}{dx^2} - \lambda u_r = 0. \quad (3.15)$$

Można byłoby, podobnie jak poprzednio, przejść do postaci równania różniczkowego ze względu na zmienną τ (wzór 3.9) lub wprost poddać równanie (3.15) rozwiązaniu. Idąc tą drugą drogą otrzymano rozwiązanie równania (3.15)

$$u_r = C_1 \operatorname{ch}\sqrt{\lambda}x + C_2 \operatorname{sh}\sqrt{\lambda}x. \quad (3.16)$$

Przyjmując z kolei warunek brzegowy:

$$\text{dla } x = 0, \quad N_0 = P,$$

oraz czyniąc niezbędne założenie

$$|C_1| = |C_2|,$$

otrzymano wyrażenia na u_r , τ i N , a mianowicie

$$u_r = -\frac{P\sqrt{\lambda}}{k\pi D} e^{-\sqrt{\lambda}x}, \quad (3.17)$$

$$\tau = \frac{P\sqrt{\lambda}}{\pi D} e^{-\sqrt{\lambda}x}, \quad (3.18)$$

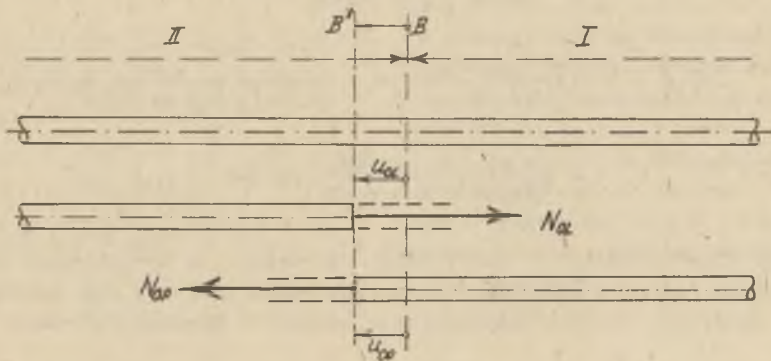
$$N = P \cdot e^{-\sqrt{\lambda}x}. \quad (3.19)$$

3.4. Warunki nierozdzielności i wyznaczenie stałych całkowania oraz siły, naprężenia styczne i przemieszczenia w rurze

Dla rozpatrywanych w punkcie 3.2 i 3.3 dwóch odcinków strefowych rurociągu można w punkcie rozgraniczającym B określić następujące warunki nierozdzielności (rys. 4).

$$- |N_{oL}| = |N_{op}| \quad (\text{warunek sił}), \quad (3.20)$$

$$|u_{oL}| = |u_{op}| \quad (\text{warunek przesunięć}) \quad (3.21)$$



Rys. 4

Warunek (3.20) stanowi przyrównanie wyrażenia (3.13) z wyrażeniem (3.19), przy wprowadzeniu początku układu współrzędnych odpowiadającego punktowi B. Podobnie warunek brzegowy (3.12) prowadzi do porównania wyrażen na u_o ze wzorów (3.11) i (3.17) również dla odciętych określających punkt B.

Stąd otrzymane stałe całkowania mają postać:

$$C_1 = + \frac{K}{K + \sqrt{\lambda} \operatorname{th} \sqrt{\lambda} r} \cdot \frac{a}{\lambda + b^2}, \quad (3.22)$$

$$C_2 = \frac{K \operatorname{th} \sqrt{\lambda} r}{K + K \operatorname{th} \sqrt{\lambda} r} \cdot \frac{a}{\lambda + b^2}. \quad (3.23)$$

Wprowadzono przy tym dodatkowe wyrażenie K, które jest sztywnością suwną pręta w obszarze kotwienia (siła $P = N_o = K$, wywołująca przesunięcie $u_o = 1$).

Tym samym można dojść do podstawowej grupy wzorów na naprężenia styczne τ w gruncie wokół rury, przesunięcie osiowe rury wzdłuż jej długości u_r oraz przebieg siły osiowej w rurze N. Wzory będą oddzielne dla strefy II i I.

Wstawiając stałe całkowania C_1 i C_2 do wzorów (3.10), (3.11) oraz (3.13) otrzymano w obszarze drugiej strefy wzory na poszukiwane wielkości

$$\tau^{\text{II}} = -\frac{a}{\lambda+b^2}(-\cos bx + \frac{K}{K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r} \text{ch}\sqrt{\lambda}r - \frac{K\text{th}\sqrt{\lambda}r}{K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r} \text{sh}\sqrt{\lambda}x), \quad (3.24)$$

$$u_r^{\text{II}} = \left[0, 2v_{\max} (1-\cos bx) + \frac{a}{k(\lambda+b^2)} - \frac{a}{k(\lambda+b^2)} \frac{K}{(K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r)} \text{ch}\sqrt{\lambda}x + \right. \\ \left. + \frac{a}{k(\lambda+b^2)} \frac{K\text{th}\sqrt{\lambda}r}{(K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r)} \text{sh}\sqrt{\lambda}x \right] \quad (3.25)$$

$$N^{\text{II}} = -\pi D_z \left[\frac{a}{(\lambda+b^2)b} \sin bx - \frac{a}{\sqrt{\lambda}(\lambda+b^2)} \frac{K}{(K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r)} \text{sh}\sqrt{\lambda}x + \right. \\ \left. + \frac{a}{\sqrt{\lambda}(\lambda+b^2)} \frac{K\text{th}\sqrt{\lambda}r}{(K+K\text{th}\sqrt{\lambda}r)} \text{ch}\sqrt{\lambda}x \right] \quad (3.26)$$

Wzory (3.24), (3.25) i (3.26) można sprowadzić do prostszej, przybliżonej postaci, gdy się zważy, iż dla występujących wartości wyjściowych zadania, wyrażenie $\text{th}\sqrt{\lambda}r$ bliskie jest jedności. Wówczas otrzymuje się:

$$\tau^{\text{II}} = \frac{a}{\lambda+b^2} (-\cos bx + \frac{1}{2} e^{-\sqrt{\lambda}x}), \quad (3.27)$$

$$u_r^{\text{II}} = \left[0, 2v_{\max} (1-\cos bx) + \frac{a}{k(\lambda+b^2)} (\cos bx - \frac{1}{2} e^{-\sqrt{\lambda}x}) \right], \quad (3.28)$$

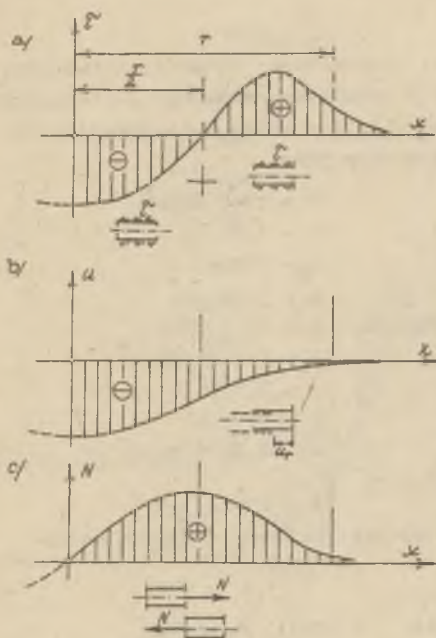
$$N^{\text{II}} = -\pi D_z \left[\frac{a}{(\lambda+b^2)b} \sin bx + \frac{a}{2\sqrt{\lambda}(\lambda+b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}x} \right]. \quad (3.29)$$

Z równania (3.29) wyznaczyć można założoną na początku siłę P

$$P = -N^{\text{I}} \Big|_{x=0} = \frac{\pi D_z a}{2\sqrt{\lambda}(\lambda+b^2)}. \quad (3.30)$$

Wprowadzając (3.30) do (3.17), (3.18) i (3.19) otrzymano

$$\tau^{\text{I}} = \frac{a}{2(\lambda+b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}x}, \quad (3.31)$$



Rys. 5

$$u_r^I = - \frac{a}{2k(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}x} \quad (3.32)$$

$$N^I = \frac{\mathcal{H}D_z a}{2\sqrt{\lambda}(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}x} \quad (3.33)$$

Powyższe wzory są odpowiednikami wzorów (3.27) do (3.29), i odnoszą się tym samym do strefy I rurociągu. Dla ujednoczenia zapisu funkcji z , u_r i N niezależnie od przynależności rozpatrywanego punktu rurociągu do strefy I lub II, dokonano transformacji wyrażeń (3.24) i (3.26) oraz (3.31) i (3.33) do układu współrzędnych o początku położonym na osi antysymetrii $a-a$ niecki osiadania (rys. 2). Wówczas można wyznaczone wielkości zapisać w jednolitej postaci:

$$z = \underbrace{- \frac{a}{\lambda + b^2} \cos bx - \frac{a}{2(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}(-x+r)}}_{0 < x \leq r} + \underbrace{\frac{a}{2(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}(x-r)}}_{r < x < \infty} \quad (3.34)$$

$$u_r = \underbrace{-0,2 w_{\max}(1 - \cos bx) + \frac{a}{k(\lambda + b^2)} \left[\cos bx + \frac{1}{2} e^{-\sqrt{\lambda}(x+r)} \right]}_{0 < x \leq r} - \underbrace{\frac{a}{2k(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}(x-r)}}_{r < x < \infty} \quad (3.35)$$

$$N = \mathcal{H}D_z \left[\underbrace{\frac{a}{(\lambda + b^2)b} \sin bx + \frac{a}{2\sqrt{\lambda}(\lambda + b^2)} e^{-\sqrt{\lambda}(-x+r)}}_{0 < x \leq r} + \underbrace{\frac{\mathcal{H}D_z a}{2(\lambda + b^2)\sqrt{\lambda}} e^{-\sqrt{\lambda}(-r)}}_{r < x < \infty} \right] \quad (3.36)$$

Przebieg funkcji z , u_r i N przedstawiają rysunki 5a, b i c. Dla części rurociągu na ujemnej gałęzi osi x wykresy z i u_r mają przebieg symetryczny, zaś wykres N antysymetryczny.

4. PRZYKŁAD LICZBOWY

Dla praktycznego zobrazowania zadania wyznaczono przebieg zmienności funkcji τ dla niedylatowanego rurociągu z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PCW) poddanego wpływom niecki osiadania o kilku intensywnościach. Wprowadzone do zadania dane liczbowe są następujące:

- moduł sprężystości PVC	$E = 2943 \text{ MN/m}^2$,
- głębokość ułożenia rurociągu	$h = 1,50 \text{ m}$,
- średnica zewnętrzna rurociągu	$D_z = 280 \text{ m}$,
- grubość ścianki rury	$g = 1,34 \text{ cm}$,
- współczynnik postaciowej deformacji podłoża	$k = 15,7 \text{ MN/m}^3$,
- ciężar objętościowy gruntu	$\gamma_o = 0,0221 \text{ MN/m}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego gruntu	$\varphi = 21^\circ$,
- współczynnik bocznego parcia gruntu	$\xi = 0,6$,
- kohezja	$c = 0,0245 \text{ MN/m}^2$,
- promień bezpośredniego zasięgu wpływów górniczych	$r = 150 \text{ m}$,
- ponadto przyjęto kilka wartości maksymalnych poziomego odkształcenia gruntu	

$$\epsilon_{\max} = 0,012; \quad 0,009; \quad 0,006; \quad 0,003; \quad 0,0015,$$

czemu w myśl relacji (2.5) odpowiadają następujące wartości osiadania:

$$w_{\max} = 2,866 \text{ m}; \quad 2,150 \text{ m}; \quad 1,433 \text{ m}; \quad 0,716 \text{ m}; \quad 0,358 \text{ m}$$

Na podstawie wzoru (3.34) obliczono dla rurociągu o zadanych właściwościach przebieg zmienności podłużnych naprężeń stykowych w gruncie wokół ścianki rury (rys. 6).

Przebiegi funkcji τ są różne w zależności od intensywności wpływów górniczych. Należało dodatkowo sprawdzić czy otrzymane wartości τ nie przekraczają wartości granicznej, obliczonej ze wzoru Coulomba

$$\tau_{\text{gran}} = \gamma_o \left(h + \frac{D}{2} \right) \xi \cdot \text{tg } \varphi' + C,$$

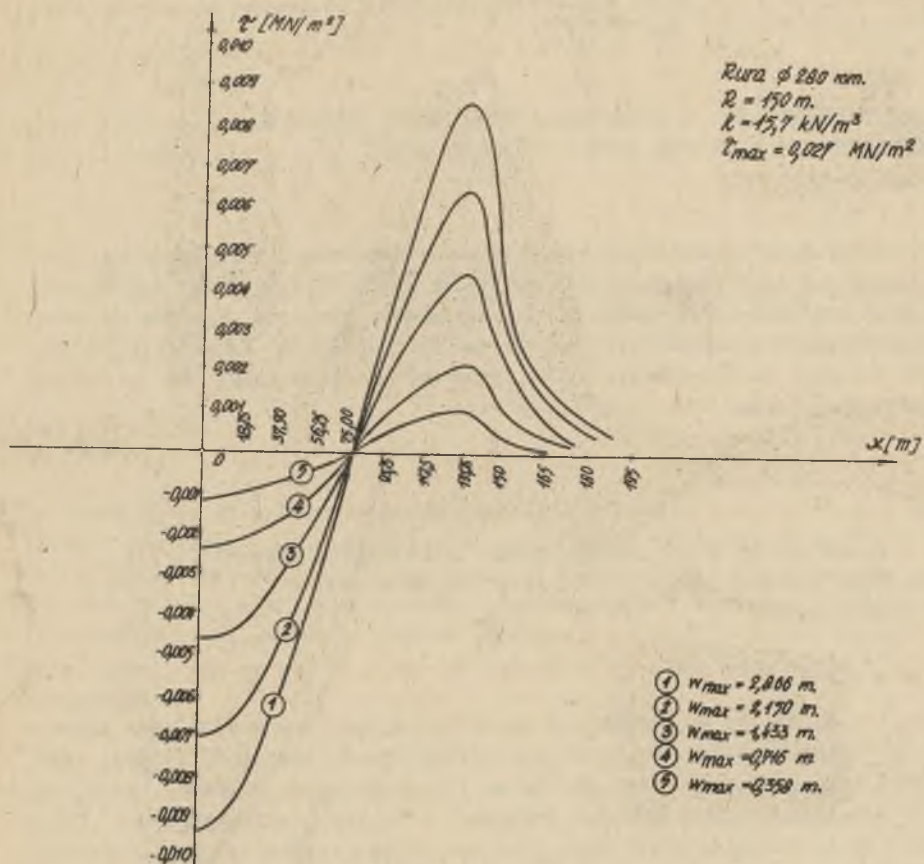
gdzie:

$\varphi' = 0,25\varphi$ - kąt tarcia między gruntem, a gładką powierzchnią rury z tworzywa sztucznego.

Po podstawieniu wartości do wzoru na τ_{gran} otrzymano:

$$\tau_{\text{gran}} = 0,027 \text{ MN/m}^2 > \tau_{\max} = 0,0095 \text{ MN/m}^2,$$

a więc zadanie mogłoby być rozwiązane zgodnie z początkowymi założeniami o współpracy rury z otaczającym gruntem w przedziale naprężeń niższych od naprężeń granicznych.



Rys. 6

LITERATURA

- [1] Budzianowski Z., Lessaer S.: O krzywiznach odkształconej powierzchni terenu podlegającego wpływom eksploatacji górniczej, w zakresie potrzeb budownictwa. Archiwum Inżynierii Lądowej, 3/1968.
- [2] Budzianowski Z., Lessaer S.: Odporność i zabezpieczenie inżynierskich budowli komunalnych przed wpływami eksploatacji górniczej, XVII Konferencja Naukowa Komitetu Inż. PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica' 1971 (referaty).
- [3] Budzianowski Z., Lessaer S., Szumierz W.: Wpływ niecki górniczej na budowle liniowe, Inżynieria i Budownictwo 3/1973.
- [4] Nowakowski A.: O dylatacji rurociągów położonych w terenie podlegającym wpływom eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Inżynierii Sanitarnej Nr 21.

- [5] Szumierz W.: Wpływ poziomych deformacji górniczych podłoża na prace budowlane liniowych. Archiwum Inżynierii Lądowej 4/1976.
- [6] Borodawkin P.P., Taran W.D.: Truboprowody w złożonych warunkach. Izdatelstwo Nierda - Moskwa 1968.

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ НА РУДНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ С УЧЕТОМ
ДЕФОРМИРУЕМОСТИ МАТЕРИАЛА ТРУБ И ГРУНТОВОЙ СРЕДЫ

Р е з ю м е

В статье представлены принципы расчета непрерывных трубопроводов, находящихся под влиянием рудничной деформации территории. Считая трубопровод линейной системой значительной продольной деформируемости а также принимая упругую форму деформируемости грунта, выведены формулы: касательных напряжений в грунте на поверхности трубы, перемещения трубы вдоль ее продольной оси, а также осевых сил.

THE CALCULATION OF PIPELINES ON MINING EXPLOITATION AFFECTED AREAS,
ACCOUNTING FOR THE DEFORMABILITY OF PIPELINE MATERIAL
AND GROUND MEDIUM

S u m m a r y

In the paper the principles of calculating continuous pipelines affected by mining exploitation which in consequence brings about ground subsidence have been presented. Regarding the pipeline as a linear structure of considerable longitudinal deformability, and assuming that the ground is elastically deformable, the author has introduced the formulae describing the following items: tangent stresses in the ground on the pipe surface, pipe displacements along its longitudinal axis and axial forces.