



COMPUTER OPTIMIZING OF EQUAL LAID ROPE CONSTRUCTIONS FOR POLISH OIL INDUSTRY

*Wacław Oleksy*¹

Key words: wire rope

Abstract:

At present designing and optimizing of rope parameters is made on the basis of special computer programs. These programs use analytical-visual methods which allow for analytic optimization of calculation, visual analysis of results of calculations and eventually for introduction of amendments. These methods make that probability of mistakes which may occur by selection of rope parameters is much less.

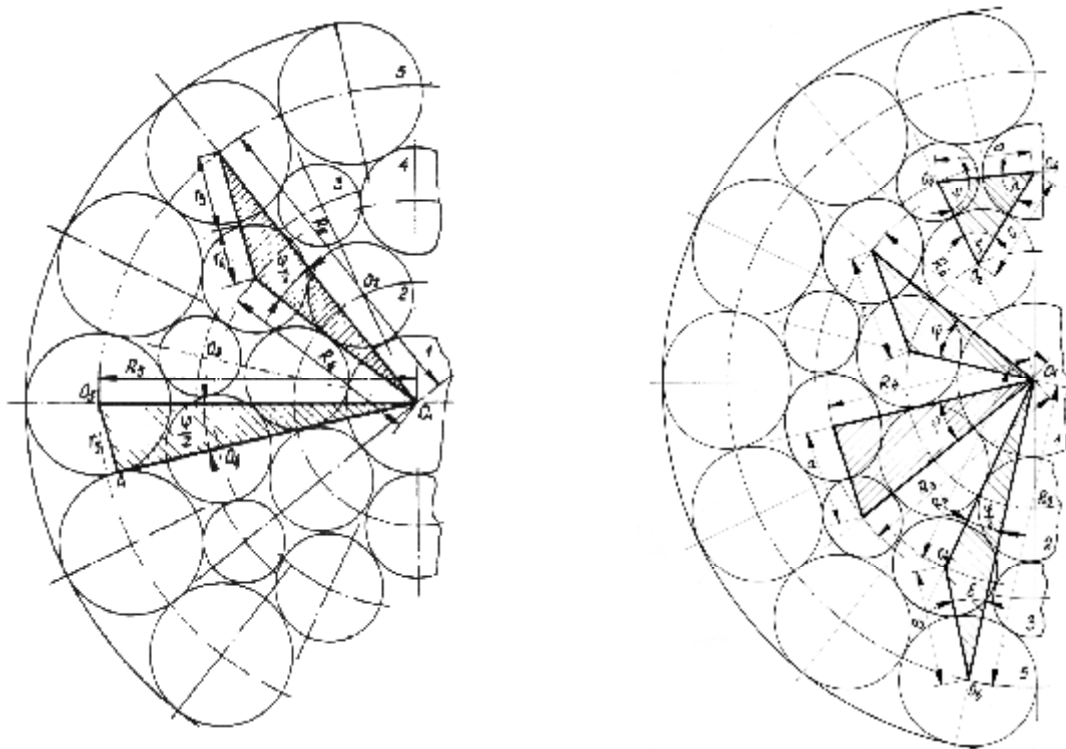
In the paper the method of computer calculation of wire rope parameters has been presented. The method takes into consideration clearances between wires in the same layer with simultaneous continuous radial contact between layers. By such assumption we eliminate some disadvantages of hither to used methods of calculation of wire rope parameters. The method enables to adjust rope parameters to the concrete rope application, especially to rope conditions, bending radius, static and dynamic loads etc. In the paper the computer optimization of equal laid rope construction for oil industry, namely 6x31WS – IWRC, has been presented. The analysis and rope parameters were discussed. New rope constructions made on the basis of computer calculations characterized considerably higher durability and elasticity in comparison to the rope manufactured traditionally. The paper presents the necessity of the Polish Standards amendment due to introduction of the new European Standard EN-12385-2 and new method of calculation of rope parameters as well.

1. Metody obliczania parametrów konstrukcyjnych lin stosowane w polskich normach

1.1. Metoda obliczeń przy uwzględnieniu szczelnego zwicia drutów w warstwie oraz między warstwami

Metoda szczelnego zwicia drutów w warstwie oraz między warstwami była podstawą do opracowania wielu Polskich Norm przedmiotowych na liny. Metoda ta stosowana była przy opracowaniu polskich norm na konstrukcje lin do początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy wprowadzono metodę obliczeń uwzględniającą szczeliny między drutami i splotkami lin. Podkreślić tu należy, że normy te funkcjonują do dziś w polskiej normalizacji w niezmienionej postaci. Metoda zapewnia ciągły styk między drutami lub splotkami w warstwach oraz styk promieniowy między kolejnymi warstwami. Druty traktowane były jako koła lub w udoskonalonej metodzie jako elipsy. Przykład sposobu obliczania średnic drutów dla splotek o konstrukcji Warrington-Seale przedstawiono na Rys. 1 i 2. [7]. Wadą tej metody jest to, że w trakcie zginania liny na kołach następuje wypychanie drutów w warstwach i ich zgniatanie, co w eksploatacji powoduje obniżenie trwałości liny. Wada ta uwidacznia się szczególnie w przypadku lin pracujących w szczególnie trudnych warunkach (duże natężenie ruchu, częste zmiany obciążeń, niska wartość stosunku D/d).

¹ Dr inż. Wacław Oleksy, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Transportu Linowego, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, Tel.: +48126173142, Fax.: +48126360144, e-mail: oleksyw@agh.edu.pl



Rys. 1. Sposób obliczania średnic drutów metodą szczelnego zwicia. Przekrój teoretyczny splotki
Rys. 2. Sposób obliczania średnic drutów metodą szczelnego zwicia. Przekrój rzeczywisty splotki

1.2. Metoda obliczeń przy uwzględnianiu szczelin

Metoda obliczeń przy uwzględnianiu szczelin między drutami i splotkami lin była przedmiotem badań wielu autorów [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [14], [15]. Metoda ta uwzględnia szczeliny pomiędzy drutami w warstwach przy równoczesnym nieprzerwanym styku promieniowym między warstwami. Przy takim założeniu wyeliminowane są wady lin obliczonych metodą 1.1. Lina uzyskuje wyższą trwałość zmęczeniową oraz jest bardziej elastyczna. W czasie przeginania liny druty splotek przemieszczają się i oddziałują na siebie wzajemnie. Najlepszą sytuację uzyskuje się, gdy druty poszczególnych warstw splotek w trakcie wzajemnego przemieszczania nie stykają się ze sobą. Zaprojektowane szczeliny między drutami powinny zwiększać się w kierunku od warstwy wewnętrznej do zewnętrznej drutów w splotce. Ta sama zależność dotyczy splotek w linach wielowarstwowych. Wpływ szczelin między drutami uwydatnia się bardziej wyraziście w linach pracujących w warunkach zmiennego zginania niż w linach pracujących jedynie na rozciąganie. W przypadku lin obciążonych niewielkimi siłami wymagania jakościowe dotyczące doboru średnic drutów i skoków zwicia są mniejsze.

2. Analiza wyników komputerowej optymalizacji parametrów konstrukcyjnych lin

2.1. Opis programu komputerowego CAPIX

Przedstawione w dalszej części tego rozdziału obliczenia zostały wykonane za pomocą programu komputerowego CAPIX, opracowanego dla Fabryki Lin i Drutu „DRUMET” S.A. we Włocławku przez informatyków niemieckiej firmy DATENTECHNIK GmbH. Jest to program analityczno-wizualny, a na każdym etapie projektowania liny można obejrzeć wyniki pracy na ekranie komputera w postaci rysunku przekroju poprzecznego liny. Program Capix rysuje rzeczywisty przekrój liny i splotki, tzn. przekroje splotek i drutów mają kształt eliptyczny. Program ten choć nie liczy wszystkich parametrów lin jest bardzo pomocnym narzędziem w rękach konstruktora-technologa skracającym czas wykonania projektu liny do kilkunastu minut.

CAPIX oblicza (optymalizuje) takie parametry jak:

- średnice drutów w splotkach po założonych przez konstruktora wartościach szczelin,
- średnice splotek i rdzenia,
- powierzchnię przekroju metalicznego,
- masę jednego metra liny,
- współczynnik wypełnienia,
- siłę zerwania,
- moment odkrętu.

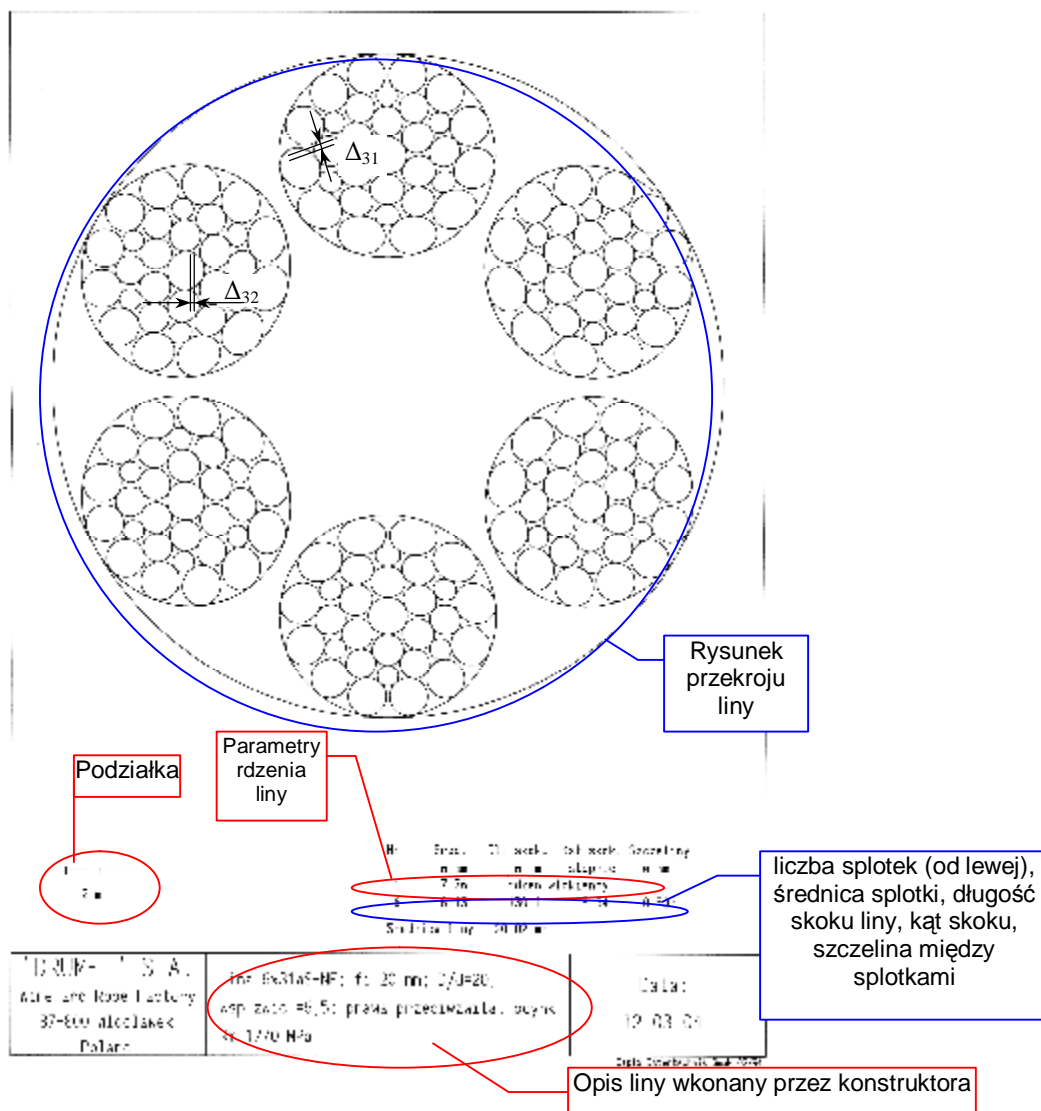
Parametry wejściowe zadane przez konstruktora:

- konstrukcja i średnica liny,
- tolerancję wykonania,
- kierunki zwicia,
- wytrzymałość drutów na rozciąganie,
- na podstawie wiedzy o przeznaczeniu i warunkach pracy liny oraz o możliwościach technologicznych posiadanych maszyn konstruktor oblicza (optymalizuje) takie parametry, jak: szczeliny między drutami w warstwach oraz kąt między splotkami w linie, zakłada tolerancje wykonania drutów, współczynniki lub kąty zwicia.

Często zdarza się tak, że obliczone wartości drutów nie spełniają wymagań konstruktora, tzn. że średnica drutu odbiega od standardowych posiadanych przez producenta. Konstruktor w takim przypadku musi ręcznie dobrać średnice drutów, odbywa się to kosztem częściowych kompromisów redukcji wielkości szczelin. Zadaniem konstruktora jest takie dobranie standaryzowanych średnic drutów, aby straty wielkości szczelin były jak najniższe i miały jak najmniejszy wpływ na własności eksploatacyjne liny.

2.2. Odczytywanie danych z programu komputerowego Capix

Odczytywanie danych z programu komputerowego Capix omówiono na przykładzie liny o konstrukcji 6x31WS+NFC. Wydruk projektu optymalizowanej liny pokazano na rysunkach 3. i 4 oraz uzupełniono o opisy. Na Rys. 3. przedstawiono pierwszą stronę wydruku przedstawiającą interpretację graficzną konstrukcji liny. Natomiast strona druga wydruku (Rys. 4) zawiera wyniki optymalizacji: opis konstrukcji liny i wartości poszczególnych jej parametrów oraz opis konstrukcji splotki i jej parametrów.



Rys. 3. Pierwsza strona wydruku projektu – Interpretacja graficzna konstrukcji liny

Karta Liny

Fi nom. : 20.00 Indeks : W31
Opis :
Uwagi :

Parametry liny

Lina - Konstrukcja			
Typ :	Standard 1	Rdzen :	FC
Srednica:	20.02	Wspol. (%) :	0.0
Konstr. :		E-6	
Powierz. metal (mm ²) :	135.715	Udz. drut.zew.(%) :	53.68
Masa (metalicz)(kg/m) :	1.1618	Wspol. wypelnienia :	0.4320
Klasa wytrzym.(N/mm ²) :	1770	Sila zerwania (kN) :	227.216
Sila (kN)	0.0	Moment (Nm) :	0.00

Skok liny [mm], kąt skręcenia liny [°], współcz. zwicia

Nr.	Fi	war	Srednica	Rm.	K.zwiec	Skok	(mm ° *)	Szczeliny	Pokr.
1	7.759						rdzen włokienny		
6	6.129	20.018	1770	z	130.12	18.5°	8.50*	0.533	

Liczba splotek

Średnica splotki [mm]

Wytrzymałość drutów na rozciąganie [MPa]

Kierunek zwicia splotek w linę

Szczelina między splotkami [mm]

Uwaga: Wartości liczbowe współczynnika wypelnienia bazują na średnicy nominalnej 20.00 mm liny.

Splotki - Konstrukcja			
Typ :	Warrington-Seale	Rdzen :	IWR
Srednica:	6.13	Wspol. (%) :	0.0
Konstr. :		1-6-(6-6)-12	
Powierz. metal (mm ²) :	22.6192	Udz. drut.zew.(%) :	53.68
Masa (metalicz)(kg/m) :	0.1836	Wspol. wypelnienia :	0.7666
Klasa wytrzym.(N/mm ²) :	1770	Sila zerwania (kN) :	40.0360

Parametry splotki

Nr.	Fi	war	Srednica	Rm.	K.zwiec	Skok	(mm ° *)	Szczeliny	Pokr.
1	1.110		1770						
6	0.925	2.960	1770	s	49.04	7.4°	8.00*	0.086	
6	0.875	4.137	1770	s	49.04	11.8°	8.00*	0.129	
6	0.630	4.220	1770	s	49.04	13.0°	8.00*		
12	1.125	8.129	1770	s	49.04	17.7°	8.00*	0.098	0.101

Liczba drutów w warstwie

Średnice drutów [mm]

Średnica warstwy drutów [mm]

Skok splotki [mm], kąt skręcenia drutów [°], współcz. zwicia

Kierunek zwicia drutów

Szczeliny między drutami w warstwie [mm]

Δ₃₂ [mm]

Δ₃₁ [mm]

Rys. 4. Druga strona wydruku projektu – Parametry liny i splotek

3. Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych lin wielokrażkowych o konstrukcji 8x31WS-IWRC(6x31WS-NFC) wg PN-91/M-80262

Do rozważań przyjęto konstrukcje liny 8x31WS-IWRC(6x 31WS-NFC) wg PN-91/M 80262. Optymalizację przeprowadzono na przykładzie średnicy liny d=30,0 mm. Analizę przeprowadzono według następujących założeń:

- dla liny przyjęto wartości współczynnika zwicia k= 6,5; 7,0; 8.0.
- dla splotek liny przyjęto wartości współczynników zwicia k₁ równe 7,3; 7,9 i 8,9.

Zastosowano następujące oznaczenia:

- d – średnica liny;
- Δ_i – wartość szczeliny między drutami w i-tej warstwie splotki;
- Δ_L – wartość szczeliny między splotkami w lince;
- δ_i – średnica drutu w i-tej warstwie;
- d_s – średnica splotki;

W niniejszej pracy przedstawiono jedynie dwa wybrane przypadki z przeprowadzonej analizy. W pierwszym przypadku postanowiono odpowiedzieć na pytanie czy stosując nominalne średnice

drutów z normy oraz możliwe wartości współczynników zwicia liny i splotek uda się zapewnić liniowy styk drutów w splotkach. W drugim przypadku przedstawiono procedurę doboru średnic drutów liny o liniowym styku oraz parametrów ich zwicia.

Przypadek 1

Przyjęto nominalne średnice drutów z normy. Z uwagi na fakt, że normy nie podają parametrów zwicia, postanowiono odpowiedzieć na pytanie czy jest szansa na wykonanie liny z takich drutów, jeżeli będziemy operować różnymi, stosowanymi zgodnie ze sztuką liniarską, współczynnikami k zwicia w linie i w splotce. Dla liny przyjęto współczynniki zwicia 6,5; 7,0; 8,0. Przy wykonywaniu lin splotkowych jednowarstwowych przyjmuje się współczynniki k zwicia dla liny z przedziału 6,5 – 8,0. Wybór odpowiedniej wartości uzależniony jest od możliwości technologicznych związanych z rodzajem maszyny liniarskiej. Dla splotek liny przyjęto wartości współczynników zwicia k_1 równe 7,3; 7,9 i 8,9.

Przyjmując nominalne wartości średnic drutów uzyskano dla:

$k = 6,5$ wartości szczelin między splotkami liny $\Delta_2 = 0,090$ mm. Wartości szczelin w warstwie zewnętrznej drutów splotki dla współczynnika $k_1 = 7,30$ przybrały wartość ujemną co oznacza, że średnice drutów w warstwie zewnętrznej są za duże (Rys. 5 b);

$k = 7,0$ wartości szczelin między splotkami liny $\Delta_2 = 0,117$ mm. Wartości szczelin w warstwie zewnętrznej drutów splotki dla współczynnika $k_1 = 7,90$ dalej przybierają wartość ujemną, lecz mniejszą (Rys. 5 c);

$k = 8,0$ wartości szczelin między splotkami liny $\Delta_2 = 0,171$ mm. Wartości szczelin w warstwie zewnętrznej drutów splotki dla współczynnika $k_1 = 8,90$ również jest ujemna, co oznacza, że przyjęta wartość średnicy drutu zewnętrznego $\delta = 1,60$ mm jest za duża i zmiana długości skoku zwicia tej warstwy nie poprawi sytuacji (Rys. 5 d).

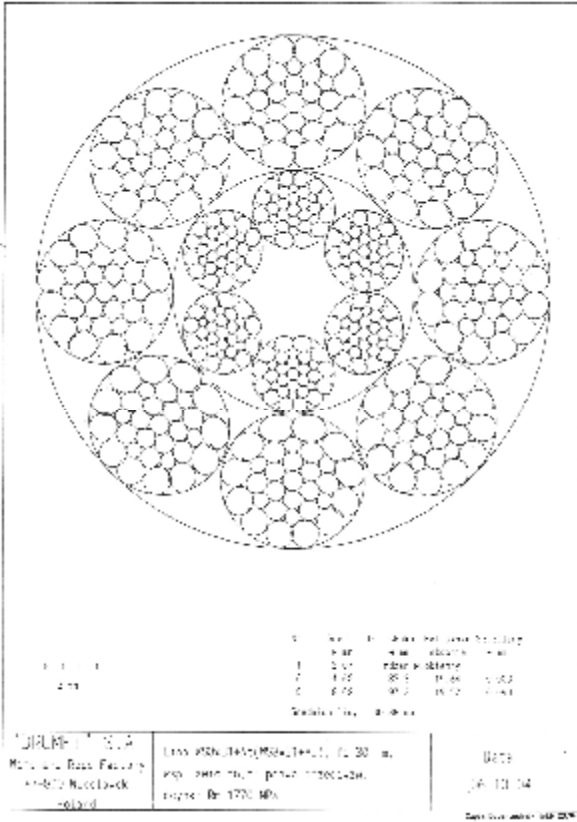
Oceniając ten przypadek geometrii zwicia liny należy stwierdzić, że stosując nominalne średnice drutów z normy oraz możliwe wartości współczynników zwicia liny i splotek nie uda się zapewnić liniowego styku drutów w splotkach.

Przypadek 2

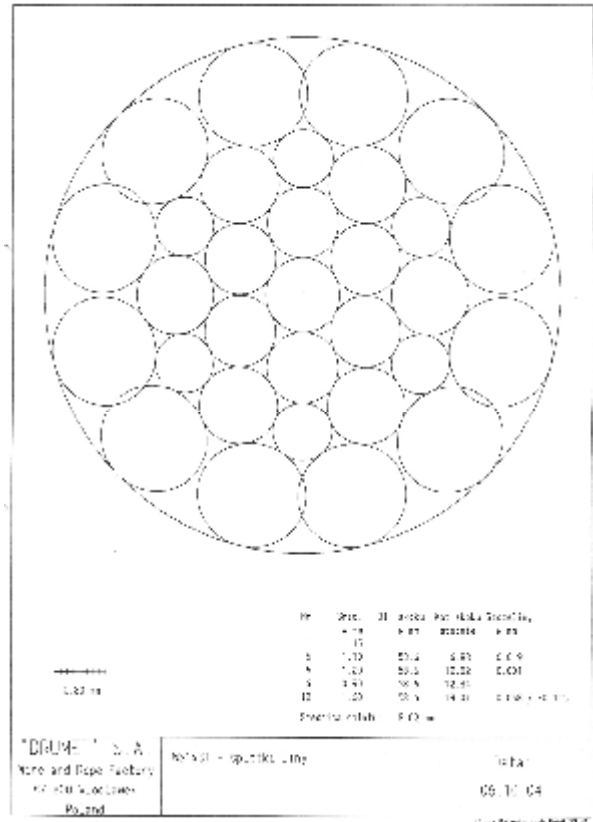
Przeanalizowano maksymalne szczeliny między splotkami oraz standaryzację średnic drutów w splotkach dla następujących parametrów zwicia: $k = 6,5$ (Rys. 6 b), $k = 7,0$ (Rys. 6 c) i $k = 8,0$ (Rys. 6 d).

Do rozważań przyjęto szczeliny dla splotek rdzenia $\Delta_1 = 0,124; 0,130$ i $0,139$ mm oraz dla splotek liny $\Delta_2 = 0,496; 0,504$ i $0,508$ mm.

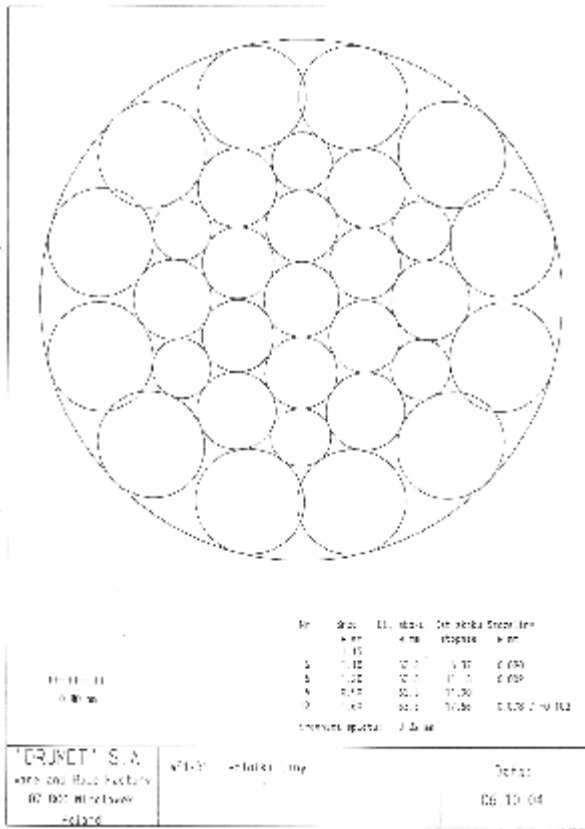
Z analizy wynika, że najlepsze warunki zwicia uzyskano dla $k = 8,0$. Wartości szczelin między drutami pierwszej warstwy wynosiły 0,020 mm, drugiej warstwy 0,037 mm oraz warstwy zewnętrznej 0,070/0,090 mm. Szczeliny te uzyskano dla współczynnika zwicia drutów w splotkach $k_1 = 8,90$. Standaryzując w ten sposób średnicę drutów nie udało się jednak uzyskać średnicy drutu zewnętrznego splotki zbliżonej do średnicy normowej. Oznacza to w praktyce, że należy dobierać nieco mniejsze średnice drutów w tej warstwie. Przypadek ten stanowi pełną procedurę doboru średnic drutów liny o liniowym styku oraz parametrów ich zwicia. W tym przypadku konstruktor decyduje o wartościach szczelin dla liny i splotek, które z kolei uzależnione są od warunków pracy liny (przede wszystkim średnic przeginania).



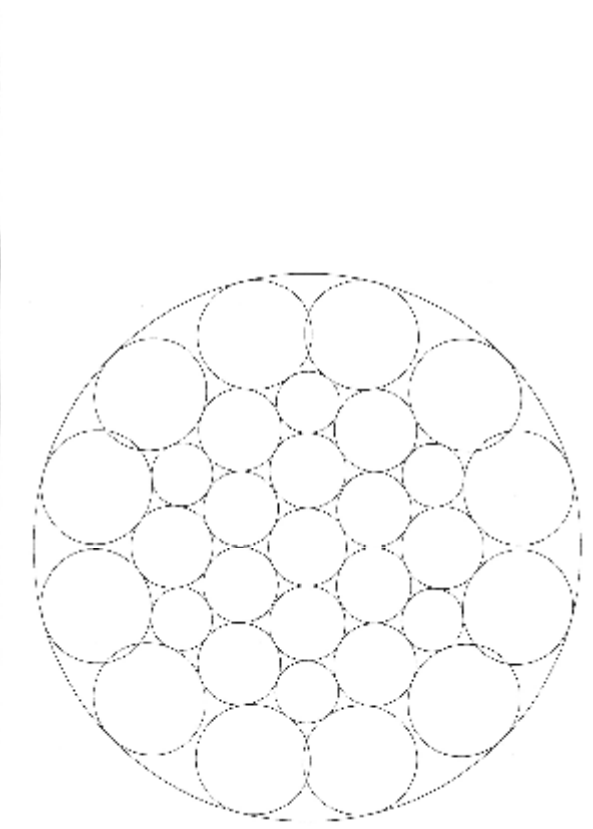
a)



b)

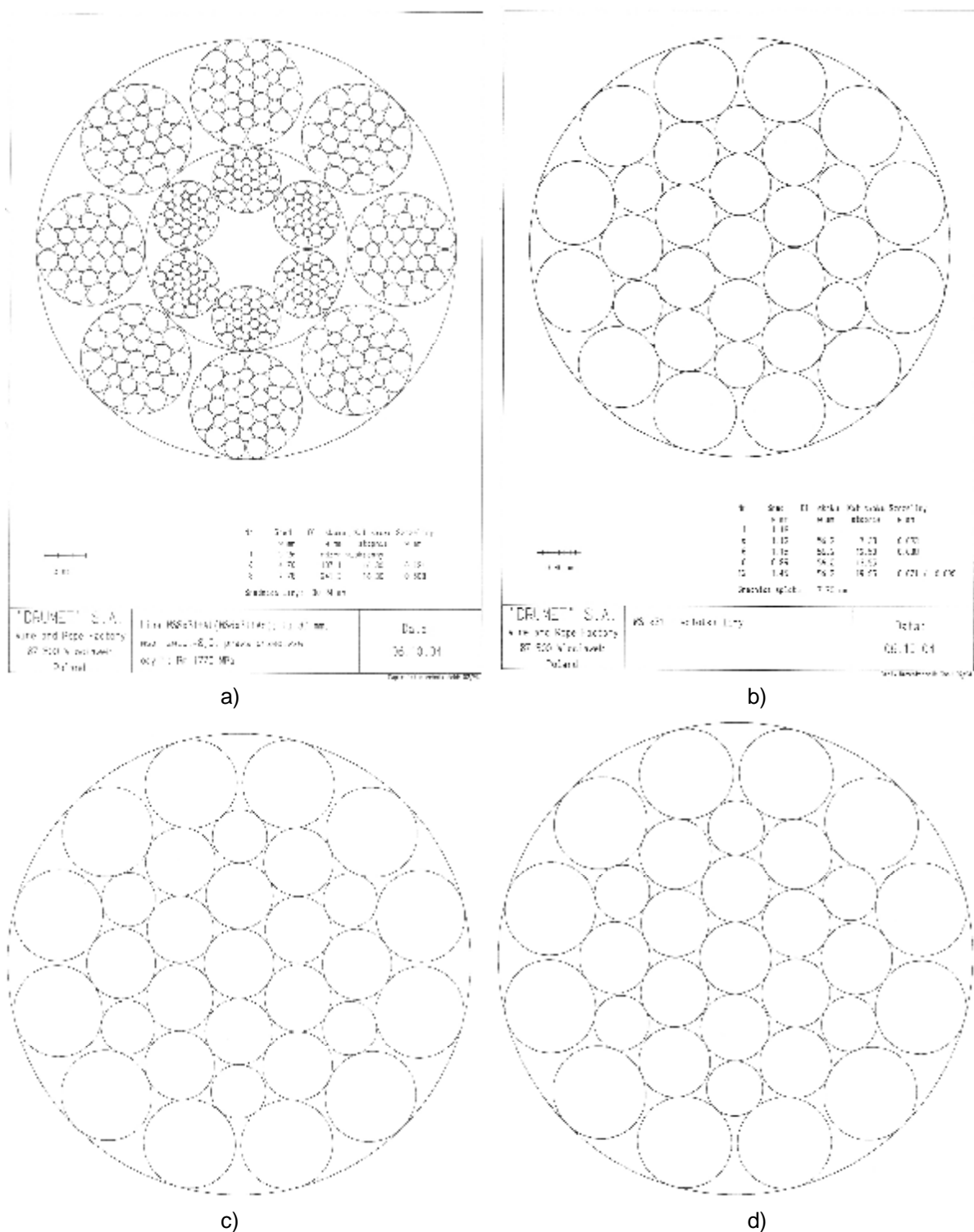


c)



d)

Rys. 5 Parametry liny wykonanej dla nominalnych wartości średnic drutów przyjętych z norm (przypadek 1)



Rys. 6 Parametry liny wykonanej według procedury optymalizującej średnice drutów (przypadek 2)

4. Ocena Polskich Norm na liny stalowe w świetle nowych metod obliczania lin

4.1. Uwagi ogólne

Obecnie w Polsce obowiązuje kilkadziesiąt norm przedmiotowych na liny stalowe o różnych konstrukcjach i przeznaczeniu. W górnictwie naftowym najszerze zastosowanie znalazły liny o liniowym styku drutów o konstrukcjach Seale, Warrington i Warrington-Seale oraz konstrukcje o tzw. mieszanym punktowo-liniowym styku drutów. Większość norm dla tych konstrukcji została opracowana jeszcze w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku. W latach dziewięćdziesiątych uzupełniono katalog polskich norm o kilka nowych konstrukcji lin stalowych przeznaczonych dla przemysłu naftowego oraz metod i sposobów oceny stopnia ich zużycia [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Redakcja tych norm była zawsze taka sama. Zawierają one informacje dotyczące materiałów, z których wykonano druty i rdzenie (rodzaj walcówki, wytrzymałość na rozciąganie drutu

R_m, rdzenie organiczne i metalowe) oraz wymiary: średnice lin i drutów. W każdej normie przedstawiony jest przykład oznaczenia liny, według którego linę należy zamawiać.

Ponieważ do roku 1993 r. (ustawa o normalizacji Dz. U. Nr 55 poz. 251) normy traktowane były jako dokumenty techniczne przeznaczone do obligatoryjnego stosowania, jakiegokolwiek odstępstwo od parametrów podanych w normie traktowane było jako nieprzestrzeganie obowiązujących przepisów i stanowiło podstawę do odrzucenia liny podczas badań odbiorczych. Liczne badania prowadzone w ośrodkach zajmujących się problematyką linową wykazały, że niejednokrotnie wykonanie lin według parametrów podanych w normach było trudne w realizacji. Niejednokrotnie wytwórcy lin świadomie zmieniali średnice drutów w linach narażając się na konsekwencje przy odbiorze tych lin przez odpowiedni dozór.

Wykonanie liny o założonej średnicy według PN było jednoznaczne z odczytaniem z normy takich parametrów liny jak średnice drutów w splotkach, nie biorąc pod uwagę warunków w jakich lina miała być eksploatowana, ani możliwości technologicznych wytwórców. Technolog miał niewielkie pole manewru podczas projektowania liny stalowej, a konsekwencją tego były wady fabryczne lin, które objawiały się dopiero w eksploatacji w postaci np. wypychania drutów w warstwach splotek przez co druty traciły liniowy styk między sobą. Wady te doprowadzały do skrócenia czasu pracy takich lin.

Polskie normy wymuszały zatem na wytwórcach wykonanie lin według ściśle określonych parametrów, do których zaliczyć należy: średnice drutów potrzebnych do produkcji liny o danej konstrukcji i średnicy oraz dowolność doboru zakresu długości skoków zwicia drutów w splotkę oraz splotek w linę.

4.2. Propozycje zmian w polskich normach

Rozwój nowych technologii produkcji lin oraz metod komputerowego obliczania parametrów lin doprowadził do bardzo precyzyjnego obliczania ich parametrów, selekcji materiału, selekcji średnic drutów co znalazło odzwierciedlenie w istotnym przedłużeniu czasu pracy lin. Wprowadzenie nowych metod projektowania i produkcji doprowadziło do likwidacji nieporozumień pomiędzy wytwórcami lin stalowych a ich użytkownikami na tle ich własności eksploatacyjnych.

Dlatego też, punktem wyjściowym powinno być zrezygnowanie w normie z części technologicznej i pozostawienie jej – wzorem krajowych norm zachodnich oraz katalogów liczących się na rynku wytwórców lin stalowych – w gestii wytwórcy, który byłby odpowiedzialny za projektowanie i produkcję liny o parametrach odpowiednich wytrzymałościowo i równocześnie za zwiększenie zadowolenia użytkowników lin poprzez wydłużenie czasu pracy wynikającego z prawidłowego skonstruowania i optymalizacji doboru liny do określonych warunków pracy.

W normie przedmiotowej dla określonej konstrukcji liny należy zatem podać, oprócz wymagań dotyczących materiału, z którego wykonano druty i rdzenie, wartości średnic lin, klasę wytrzymałości liny oraz odpowiadające im wartości minimalnych sił zrywających liny. Jednak wartości średnic drutów powinny stanowić „know how” wytwórcy liny.

W chwili obecnej projektowanie i optymalizacja parametrów lin jest wykonywana przy pomocy specjalistycznych programów komputerowych. Programy wykorzystują metodę analityczno-wizualną, która pozwala na optymalizację analitycznych wyliczeń algorytmów poprzez wizualną analizę wyników i ewentualne wprowadzenie poprawek. Metoda ta minimalizuje prawdopodobieństwo popełnienia błędu przy doborze parametrów lin.

Ponadto należy podkreślić, że zmieniły się również sposoby oznaczania lin stalowych, które musiały uwzględnić postęp techniczny, jaki nastąpił w dziedzinie produkcji lin stalowych w ostatnich latach. Z tego tytułu większość norm przedmiotowych straciła na swojej aktualności. Sposób klasyfikowania i oznaczania lin stalowych, przyjęty w normie PN-EN 12385-2, jest już trzecim sposobem oznaczania lin, stosowanym w polskiej normalizacji, uwzględniającym wszystkie „nowinki” techniczne.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Rozwój nowych technologii produkcji lin oraz metod komputerowego obliczania parametrów lin doprowadził do bardzo precyzyjnego obliczania ich parametrów, selekcji materiału, selekcji średnic drutów co znalazło odzwierciedlenie w istotnym przedłużeniu czasu pracy lin.

Wprowadzenie komputerowych metod obliczania parametrów konstrukcyjnych lin, obejmujących średnice drutów, skoki zwicia splotek i lin, uwzględniających przeznaczenie i warunki pracy oraz możliwości produkcyjne parku maszynowego jest warunkiem koniecznym przy produkcji lin wysokiej jakości.

Wydaje się niecelowym podawanie w polskich normach średnic drutów. Potwierdza to nowe podejście do zagadnienia obliczania parametrów konstrukcyjnych lin.

Warunki pracy liny mają istotny wpływ na wielkość szczeliny między drutami w warstwie w splotce oraz między splotkami w linie. Wraz z poprawą warunków pracy lin, przede wszystkim ze wzrostem D/d wartość tych szczelin powinna maleć.

Literatura:

- [1] Costello G.: Theory of Wire Rope. Springer- Verlag, New York 1990.
- [2] [2] Głuszko M.: Analiticheskiy rasczet geometricheskikh parametrov stalnykh kanatow. Stalnyje Kanaty, nr 8, Kijów 1971.
- [3] Hankus J.: Budowa i własności mechaniczne lin stalowych. Katowice, GIG 1990.
- [4] Hansel J., Oleksy W.: Nowe metody projektowania lin stalowych o liniowym styku drutów. Sympozjum Naukowo-Techniczne: Jakość niezawodność i bezpieczeństwo pracy lin stalowych i urządzeń transportu linowego. Włocławek 1993.
- [5] Hansel J., Oleksy W.: Komputerowa optymalizacja nowych konstrukcji lin stalowych. Sympozjum Naukowo - Techniczne: Jakość niezawodność i bezpieczeństwo pracy lin stalowych i urządzeń transportu linowego. Włocławek 1992.
- [6] Jędrzejowski A.: Analiza parametrów konstrukcyjnych wykonania lin stalowych wg polskich norm. (Praca nie publikowana), AGH-KTL, Kraków 1996.
- [7] Liny wyciągowe oraz aparatura do ich badań i kontroli. Opracowanie programów służących do obliczania lin stalowych z wykorzystaniem maszyn cyfrowych. Prace naukowo-badawcze ŚLBLS i UTL AGH, Kraków 1984 ÷1985.
- [8] Polska Norma PN-91/M-80259 Liny stalowe wiertnicze. Ogólne wymagania i badania. Autorzy: Chycki B., Glik R., Mierzejewski L., Hansel J., Oleksy W., Bąkowski E.
- [9] Polska Norma PN-91/M-80260 Liny stalowe wiertnicze S 8x19+Ao.. Autorzy: Glik R., Hankus J., Hansel J., Oleksy W.
- [10] Polska Norma PN-91/M-80261, Liny stalowe wiertnicze S 8x19+At (7x7). Autorzy: Glik R., Hankus J., Hansel J., Oleksy W.
- [11] Polska Norma PN-91/M-80262, Liny stalowe wiertnicze W- S 8x31+At (W-S 6x31 + Ao). Autorzy: Hansel J., Mierzejewski L., Oleksy W.
- [12] Polska Norma PN-91/M-80263, Liny stalowe wiertnicze W- S 8x31+Ao. Autorzy: Hansel J., Mierzejewski L., Oleksy W.
- [13] Polska Norma PN-91/M-80261, Liny stalowe wiertnicze W- S 8x36+At (W-S 6x 31+Ao). Autorzy: Hansel J., Mierzejewski L., Oleksy W.
- [14] Voigt P.: Fortschritt beim Fertigen von Stahldrahtseilen Thyssen Draht AG. Drahtwelt nr 6, 1983.
- [15] Wolf R.: Zur Beschreibung der vollstandigen Seilkinematik. Forsch. Ing.-Wes. Nr 3, 1984.
- [16] Wytyczne doboru i eksploatacji lin wiertniczych, odciągów masztów oraz lin do stawiania i opuszczania masztów urządzeń wiertniczych. Praca naukowo-badawcza wykonana pod kierunkiem W. Oleksego przez AGH-KTL w roku 1996.

Recenzia/Review: *doc. Ing. Vierošlav Molnár, PhD.*