PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

Tom XLV. *Warszawa, dnia 25 lipca 1907 r.* **№ 30.**

Obliczenie lin drucianych.

Napisał H. Czopowski, inż.

(Dokończenie do str. 350 w № 28 r. b.)

Teraz przystąpię do analizowania tych wzorów.

Przykład 1. Wezmę pod uwagę wypadek, gdy ciężar zawieszony na linie porusza się w prowadnikach biegnących równolegle do osi liny, urządzenie takie charakteryzuje się tem, iż przekroje liny nie obracają się; w tym więc razie $\vartheta = 0$, co może nastąpić, gdy we wzorze (35):

$$A\,M - B\,P = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36).$$

Z równania tego możemy określić M:

$$(M)_{\vartheta=0} = P\frac{B}{A} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37).$$

$(M)_{\vartheta=0}$ przedstawia nam w danym razie wielkość momentu, jaki wywierają prowadnice kosza na linę. Zestawmy teraz dla tego szczególnego wypadku wzór na S_k.

Z wzorów (19) i (20) oraz (37) otrzymamy:

$$(\mu_1)_{\vartheta=0} = l\frac{P\,C - P\frac{B}{A}B}{A\,C - B^2} = l\frac{P}{A}\cdot\frac{A\,C - B^2}{A\,C - B^2} = l\frac{P}{A} \quad (38),$$

$$(\mu_2)_{\vartheta=0} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39).$$

Podstawiając te wartości w (10), otrzymamy:

$$(S_k)_{\vartheta=0} = P\frac{1}{A}\,.\,\cos^2\beta_k\,.\,f_k E_k\,;$$

ponieważ znaczenie wyrazu dla A podł. równ. (13) jest identyczne z wyrazem dla $\frac{1}{\mu_0}$ (podług równ. 28) [1]), przeto ten ostatni wzór otrzymuje postać:

$$S_k = P\,.\,\mu_0\,.\,\cos^2\beta_k\,.\,E_k\,.\,f_k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40),$$

która jest identyczną z wzorem (33) [1]), gdyż dla włókien jednakowo skręconych podług równ. (31) [1]) $\mu_k = \cos^2\beta_k$.

Wzory więc wyprowadzone w poprzedniej części [1]) stosują się do lin, których przekroje nie mają możności obrotu, co też leżało w założeniu tego rachunku.

Przykład 2. Lina jest swobodna pod względem obrotu i może się kręcić stosownie do wywoływanych naprężeń we włóknach.

W danym wypadku: $M = 0$, t. j. momenty zewnętrzne na linę nie działają, wtedy podług równ. (35) kąt skręcenia:

$$(\vartheta)_{M=0} = -\,l\,P\frac{B}{A\,C - B^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41).$$

Wielkość tego kąta zależną jest zatem od l, P i od budowy liny, która reprezentowana jest w danym razie przez wyraz: $\frac{B}{A\,C - B^2}$.

W szczególnym wypadku jeżeli wartość $B = 0$, wtedy lina taka nawet przy możności kręcenia się, t. j. gdy $M = 0$ nie da obrotu, co zachodzi wtedy, gdy lina jest tak zbudowana, iż podług (14):

$$\Sigma \sin\beta_k \cos^2\beta_k\, r_k\, f_k\, E_k = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (42).$$

Jeżeli zaś w innym wypadku będzie: $A\,C = B^2$, oraz $B \gtrless 0$, otrzymamy wzór:

$$(\vartheta)_{M=0} = -\infty \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (43),$$

który wyraża, iż lina, przy tym szczególnym swoim ustroju, mając możność obrotu, rozkręci się.

Naprężenia S_k we włóknach liny gdy $M = 0$, obliczyć się dadzą z wzorów wyprowadzonych, a więc z (19) i (20):

$$(\mu_1)_{M=0} = l\,P\frac{C}{A\,C - B^2} \quad \text{oraz} \quad (\mu_2)_{M=0} = -\,l\,P\frac{B}{A\,C - B^2} \quad (43).$$

[1]) Por. *Przegl. Techn.* z r. 1904: Nr. 2 (str. 13), Nr. 4 (str. 41) i Nr. 6 (str. 75); z r. 1905: Nr. 2 (str. 17) i Nr. 4 (str. 45).

Po podstawieniu tych wartości we wzór (10):

$$(S_k)_{M=0} = f_k E_k P\,.\,\frac{\cos^2\beta_k\,.\,C - \sin\beta_k\,.\,\cos\beta_k\,.\,r_k\,B}{A\,C - B^2} \quad (44).$$

Weźmy obecnie dla przykładu skrętkę złożoną np. z 6-ciu włókien, ułożonych w jednej warstwie około duszy konopnej, dla której $E = 0$, przyjmuję następnie: $f_k = f$; $\beta_k = \beta$; $r_k = r$; $E_k = E$, otrzymamy wtedy z równ. (13), (14) i (17):

$$A = 6\,.\,\cos^3\beta\,.\,f\,.\,E\,,\quad B = 6\,.\,\sin\beta\,.\,\cos^2\beta\,.\,r\,.\,f\,.\,E,$$

$$C = 6\,.\,\sin^2\beta\,.\,\cos\beta\,.\,r^2\,.\,f\,E\,;$$

na zasadzie tych danych wyraz: $A\,C - B^2 = 0$, a ponieważ $B \gtrless 0$, przeto z równ. (41) otrzymamy: $(\vartheta)_{M=0} = -\infty$, t. j. skrętka taka, nie posiadając prowadnic (co się wyraża przez $M = 0$), rozkręci się w kierunku odwrotnym do przyjętego kierunku dla momentu. Gdybyśmy chcieli obliczyć naprężenie we włóknach tej skrętki, zastosowalibyśmy wzór (44), z którego wynika, po uczynieniu odpowiednich podstawień: $(S_k)_{M=0} = \frac{0}{0}$; t. j. układ takiej skrętki (przy $M = 0$) nie jest statecznym.

Umocujmy obecnie koniec tej skrętki w prowadnicy, natenczas $\vartheta = 0$.

Z równ. (37) określimy:

$$(M)_{\vartheta=0} = P\frac{B}{A} = P\frac{i\,.\,\sin\beta\,.\,\cos^2\beta\,.\,r\,.\,f\,.\,E}{i\,.\,\cos^3\beta\,.\,f\,E} = P\,.\,\mathrm{tg}\,\beta\,.\,r \quad (45).$$

Wyraz ten ostatni łatwo znajdzie bezpośrednią interpretację pod względem statycznym.

Naprężenia we włóknach tej ostatniej skrętki otrzymamy ze wzoru (40):

$$(S_k)_{\vartheta=0} = P\,.\,\mu_0\,.\,\cos^2\beta\,.\,E\,.\,f\,,\quad \text{gdzie } \mu_0 = \frac{1}{A}$$

$$\text{a więc: } (S_k)_{\vartheta=0} = P\frac{\cos^2\beta}{i\cos^3\beta} = \frac{P}{i\cos\beta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46).$$

Skrętka więc ta, pracując w prowadnicy, przedstawia układ statyczny.

Jak widzimy, rezultaty powyższego rachunku są zupełnie zgodne z rzeczywistością.

W powyższym rachunku przyjęto, iż prowadnice są zupełnie sztywne, gdy zaś odkształcają się one pod działaniem momentu M, to wzory powyższe są nieodpowiednie, gdyż nie uwzględniły one pracy odkształceń, powstającej pod wpływem działania momentu M.

Chcąc wprowadzić do rachunku pracę odkształceń wywołaną przez moment M, możemy w zupełności korzystać z przebiegu tegoż rachunku.

Równania statyczne będą w danym razie posiadały postać:

$$P - \sum_1^i S_k\,.\,\cos\beta_k = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (47),$$

$$M - \sum_1^i S_k \sin\beta_k\, r_k - M_0 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (48),$$

gdzie M_0 oznacza moment, wywołujący pracę skręcenia duszy liny lub też pracę zginania prowadnic i t. p., M zaś, jak poprzednio, moment zewnętrzny, działający na linę.

Całą pracę odkształcenia przedstawi nam wzór:

$$N = \frac{1}{2}\sum\frac{S_k^2\, l_k}{f_k\, E_k} + \frac{1}{2}\,w\,M_0^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49),$$

gdzie w oznacza pewien współczynnik niezależny od obciążenia i charakteryzujący wymiary i sprężystość części pracującej pod działaniem momentu M_0.

Zatem w równaniu (49) posiadamy wogóle $(i+1)$ (t. j. zmiennych S_k w ilości i, oraz zmienną M_0) zmiennych, które uwarunkowane są równaniami (47) i (48), zatem posiadamy $(i-1)$ niezależnie zmiennych, gdyż $(i+1)$ zmiennych uwarunkowane są przez dwa równania (47) i (48), tyle też pochodnych przyrównanych do zera da $(i-1)$ równań, które łącznie z (47) i (48) przedstawią $(i+1)$ równań z $(i+1)$ niewiadomemi.

Przeprowadzenie tego rachunku nie przedstawia żadnych trudności teoretycznych.

Zauważę jeszcze w kwestyi tego rachunku, iż gdy M_0 odnosi się do duszy liny, to ze znalezionej wartości dla M_0 obliczymy τ, t. j. naprężenie przesuwające przekrój duszy, gdyż M_0 jest wtedy momentem skręcającym; to ostatnie naprężenie należy dodać do naprężenia ciągnącego: $\sigma_0 = \frac{S_0}{f_0}$, występującego w tejże duszy, wskutek obciążenia liny zapomocą wzoru [1]:

$$\sigma_{\max} = -\frac{m-1}{2m}\sigma_0 + \frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma_0^2 + 4\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad (50).$$

[1]) Por. C. Bach. Elasticität u. Festigkeit str. 422, lub „Technik" str. 410.

Podany w tym artykule rachunek daje możność obliczenia naprężeń liny posiadającej włókno najwyżej raz skręcone, stosując wzory bądź to dla wypadku gdy koniec liny jest swobodny, bądź to dla wypadku, gdy koniec liny a więc i wszystkie jej przekroje nie mają możności obrotu.

Weźmy obecnie pod uwagę linę posiadającą włókna dwa razy skręcone. Wypadek ten w części 1-ej tej pracy (*Przegl. Techn.* 1904 i 1905) sprowadziłem do liny o włóknach z jednem skręceniem, uważając, iż włókno dwa razy skręcone jest w tym stosunku do swej osi skręcenia, jak włókno raz skręcone względem swej osi, która jest w danym razie prostą linią.

Do rozumowania tego należy obecnie dodać, iż oś skręcenia włókna dwa razy skręconego nie podlega obrotowi, ze względu na swój układ w linie, dla obliczenia więc naprężeń we włóknach wielokrotnie skręconych należy stosować wzory na linę, nie podlegającą obrotowi; i tylko może być postawione pytanie, czy przekroje samej liny podlegają obrotowi czy też nie podlegają, gdy zaś przekroje liny nie mają możności obrotu, wzory wyprowadzone w I-ej części mej pracy [2]) o linach dla danego wypadku posiadają ścisłą wartość.

[2]) Por. *Przegl. Techn.* z r. 1904: Nr. 2 (str. 13), Nr. 4 (str. 41) i Nr. 6 (str. 75); z r. 1905: Nr. 2 (str. 17) i Nr. 4 (str. 45).

Stacye filtrów utleniających,

ich urządzenie i działanie,

przez D-ra **T. Gryglewicza.**

Dwa odczyty, wygłoszone w Warszawskiem Towarzystwie Hygienicznem.

(Dokończenie do str. 352 w № 28 r. b.).

Drugim wskaźnikiem dojrzewania filtru są ślady saletrzanów, zjawiające się w wodzie oczyszczonej. Angielscy autorowie uważają obecność saletrzanów w wodzie oczyszczonej za wskaźnik dobrego działania filtru. Dunbar w Niemczech przeczy temu, ponieważ w wodzie dobrze oczyszczonej nie zawsze znajdował saletrzany. Tego zdania Dunbar'a potwierdzić nie mogę, gdyż w obserwacyach swoich spostrzegałem, że dojrzewanie filtru odbywało się zawsze równolegle z powstawaniem soli kwasu azotnego i azotawego.

Filtry dojrzałe powinny oczyszczać ścieki w tym stopniu, aby można je bez szkody spuszczać do naturalnych zbiorników wody. W Anglii opracowane są w tym względzie pewne przepisy. Woda oczyszczona na 100 000 części powinna zawierać nie więcej niż 3 części suchej pozostałości i około 0,2—0,5 części tlenków azotu, a ilość nadmanganianu potasu, potrzebnego do jej utleniania w ciągu 4-ch godzin przy temperaturze 27° C. nie powinna przewyższać 1,5 części, w ciągu zaś 3-ch minut w temperaturze pokojowej — 0,5 części.

Woda ściekowa oczyszczona nie powinna przedewszystkiem pochłaniać tlenu z naturalnych zbiorników wody, do których jest wpuszczaną i przez to sprzyjać powstawaniu w niej fermentacyi gnilnej; przeciwnie, dzięki obecnemu w niej tlenowi czy to w stanie wolnym czy też w postaci tlenków azotu, powinna się odbywać w niej w dalszym ciągu mineralizacya ciał organicznych. W takim stopniu oczyszczone ścieki możemy spuszczać do małych nawet zbiorników naturalnych wody, bez żadnych złych skutków.

W praktyce ważne są proste i prędkie sposoby oznaczania tego stopnia oczyszczenia, który odpowiada żądaniom powyższym.

Najprostszy, lecz nie prędki, a także niedokładny jest „sposób wyczekiwania". Wodę oczyszczoną stawiamy w temperaturze pokojowej w butelce zakorkowanej na tydzień lub dwa. Woda dobrze oczyszczona po tym czasie nie ma żadnego zapachu, nie można w niej stwierdzić obecności siarkowodoru ani powonieniem, ani papierem ołowianym, nadto jest przezroczystą z małym osadem na dnie. Dunbar posługiwał się tym sposobem i wykazał, że ilość nadmanganianu potasu, potrzebnego do utlenienia takiej wody sposobem Kubel'a, zmniejsza się o 60—70%. Autor ten uważa, że jedno oznaczenie stopnia utlenienia wody przed i po filtracyi wystarcza do oceny wody oczyszczonej. Inne ciała, zanieczyszczające wodę, zmniejszają się współcześnie, podług Dunbar'a, w takim samym stosunku. Bardzo jednak znaczna ilość moich analiz wody z filtrów utleniających nie potwierdza zdania Dunbar'a. Dla przykładu przytaczam tu dwie analizy, wykonane w różnych czasach działania filtru utleniającego, który dawał wodę, niezdolną do ulegania fermentacyi gnilnej.

1)	Woda z osadnika gnilnego	Woda z 1-go filtru	Zmniejszenie w %	Woda z 2-go filtru	Zmniejszenie w %
Nadmanganian potasu, potrzebny do utlenienia . . .	162,50	115,78	24,07	84,72	44,45
Amoniak całkowity	72,47	49,46	31,75	28,16	61,13
„ wolny . .	53,93	37,10	31,21	23,01	57,34
„ białkowy .	18,54	12,36	.33,33	5,15	72,22
2)					
Nadmanganian potasu, potrzebny do utleniania . . .	186,17	117,34	36,97	64,14	65,54
Amoniak całkowity	73,50	46,71	36,45	18,89	74,29
„ wolny . .	58,39	37,10	36,47	16,83	71,18
„ białkowy .	15,11	9,61	36,39	2,06	86,37

Z analizy pod liczbą 1) widzimy, że ilość nadmanganianu potasu zmniejszyła się tylko o 44,45%, gdy tymczasem pozostawiona do obserwacyi woda ta nie gniła w przeciągu długiego czasu, stała się przezroczystą i na dnie utworzył się osad nieznaczny. Z tej analizy, a także z analizy pod liczbą 2) widzimy również, że inne ciała, zanieczyszczające wodę, nie zmniejszają się równolegle do ilości nadmanganianu potasu, potrzebnego do jej utlenienia. Zarówno pierwsza, jak i druga analiza wykazują o wiele znaczniejsze zmniejszenie zanieczyszczeń, niż zmniejszenie nadmanganianu potasu. Zdanie Dunbar'a zmieniłbym w ten sposób, że zmniejszenie ilości nadmanganianu potasu, potrzebnego do utlenienia wody metodą Kubel'a o 65%, można uważać zawsze za wskaźnik dostatecznego oczyszczenia wody ściekowej; przy niższej jednak odsetce woda oczyszczona nie zawsze ulegać będzie gniciu. Różnica w analizach moich a Dunbar'a być może wynika stąd, że do filtracyi używałem wody przefermentowanej w osadniku gnilnym, gdy tymczasem Dunbar uważa osadnik gnilny za szkodliwy i filtruje wodę, uwolnioną na drodze mechanicznej od części zawieszonych; przytem woda Dunbar'a znacznie była zanieczyszczona, niż moja.