

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

Tom XLII.

Warszawa, dnia 15 września 1904 r.

№ 37.

W sprawie projektowanej zmiany warunków koncesyi Warsz. Stacji Centralnej Elektrycznej.

Podali M. Pożaryski i B. Szapiro, inżynierowie, w Warszawie.

Gdy Magistrat m. Warszawy ogłosił w r. 1900 konkurencyę na budowę Stacji Centralnej Elektrycznej w Warszawie, pragnął osiągnąć cel dwojaki: 1) dać możność mieszkańcom otrzymywania prądu do swego użytku na cele oświetlenia lub do motorów i tem zaspokoić potrzebę od wielu lat żywo odczuwaną i 2) zapewnić sobie możność oświetlenia wszystkich ulic elektrycznością i w ten sposób uwolnić się od konieczności odnowienia kontraktu z Towarzystwem Gazowym na warunkach dla miasta niedogodnych, odnowienia, które w przeciwnym razie miasto musiałoby uskuteczyć pod groźbą pozostania w zupełnych ciemnościach. Jak wiadomo bowiem, kończący się obecnie kontrakt z tem Towarzystwem zawierał nieszczęsny warunek, pozwalający Towarzystwu korzystać na wieczne czasy z prawa rozprawdzania po mieście i sprzedawania gazu *bez wszelkiego za to dla miasta wynagrodzenia*. Wskutek tego Magistrat postawił za warunek przy ogłoszeniu konkurencyi na budowę Stacji Centralnej Elektrycznej, żeby kable dla prądu elektrycznego były rozprawdzone na wszystkich ulicach, oświetlonych gazem. Jak ciężki to jest warunek widać z tego, że ogólna długość rowów, w których będą ułożone kable, ma wynosić już obecnie około 250 km i stale się powiększać w miarę zabrukowywania nowych ulic. Znaczyło to, że koncesyonaryusz obowiązany jest zakopać w ziemi kable wartości kilku milionów rubli i to w przeważnej części w dzielnicach biednych i mało zaludnionych, gdzie trudno się spodziewać w blizkiej przyszłości, żeby ogromne kapitały włożone w sieć kabli przynosiły dochód. Ciężki ten dla koncesyonaryuszów warunek poddawany był z różnych stron krytyce jeszcze przed ogłoszeniem konkurencyi, lecz, jak powiedzieliśmy, był usprawiedliwiony przez konieczność uregulowania stosunku nienormalnego z Towarzystwem Gazowym. Z drugiej zaś strony wielki rozrost przemysłu drobnego w Warszawie, przemysłu, który zatrudnia dziesiątki tysięcy ludzi a gnieździ się przeważnie na krańcach miasta, nakazywał również zaopatrzyć Warszawę w sieć elektryczną tak rozległą, żeby zakłady rzemieślnicze i przemysłowe w odległych dzielnicach nie były pozbawione możności korzystania z elektromotorów, tak korzystnych dla drobnych zakładów pod względem higienicznym i często bardzo dogodnych pod względem ekonomicznym. Stało się też, że konkurencyja została ogłoszona na podstawie tego uciążliwego dla koncesyonaryuszów warunku. Wynikiem tego było, że z zasadniczej ceny energii elektrycznej dla konsumentów towarzystwa współbiegające się o otrzymanie koncesyi ustąpiły tylko $\frac{3}{4}\%$, jako opłatę zaś na rzecz miasta osiągnięto tylko 7% dochodu brutto ze sprzedaży energii elektrycznej.

Gdy zatem koszt energii elektrycznej do celów oświetlenia wynosi w Warszawie 30,569 kop. za kw-godz. z rabatem od $2\frac{1}{2}\%$ powyżej 300 godz. do 40%¹⁾ powyżej 2500 godz., koszt energii w Berlinie wynosi 18,6 kop. bez rabatów, lecz z obniżeniem ceny dla rozmaitych lokali, zużywających prąd w ciągu dnia; w Charlottenburgu 25,5 kop. za kw-godz. do 400 godz. rocznie i 13,9 kop. przy rocznej ilości godzin palenia się lamp powyżej 400 godzin; w Monachium (eksploatuje miasto) 27,9 kop. dla mniejszych konsumentów, 24,5 kop. dla większych; w Hamburgu -- 27,8 kop.

Koszt energii elektrycznej do motorów, gotowania, ogrzewania i t. p. wynosi w Warszawie 13,101 kop. za kw-godz. z rabatem jak wyżej, a w Hamburgu 9,25 kop. za kw-godz. ze zwykłymi rabatami; w Monachium (eksploatuje miasto) 9,3 kop. za kw-godz. dla mniejszych konsumentów i 8,17 kop. dla większych konsumentów; w Frankfurcie n. M. (eksploatuje miasto) 9,3 kop. za kw-godz. z rabatami do 25%.

Widzimy zatem, że mieszkańcy Warszawy płacą drożej za energię elektryczną niż konsumenci wielu zagranicznych stacji miejskich.

Miasto również może się spodziewać niewielkiego tylko dochodu, którego wysokość postaramy się w przybliżeniu oznaczyć. Budująca się obecnie Stacja ma posiadać sprawność wszystkiego 2000 kw; przypuścimy jednak, że w krótkim czasie stacja będzie powiększona w dwójnasób, t. j. do 4000 kw. Przyjmując dla maksymalnej tej sprawności 700 godzin używalności rocznej, otrzymamy całkowite zużycie energii $4000 \cdot 700 = 2800000$ kw-godz. w przeciągu roku. Dochód przeciętny po uwzględnieniu rabatów i tańszej ceny energii na cele motoryczne wyniesie *najwyżej* około 20 kop. za kw-godz. Cały zatem dochód brutto stacji może w tych warunkach wynieść maximum

$$0,2 \cdot 2800000 = 560000 \text{ rub. rocznie,}$$

z czego wypadnie 7% opłaty na rzecz miasta, czyli wszystkiego 39200 rub. rocznie, nawet jeżeli przypuścimy, że sprawność stacji będzie w najbliższej przyszłości podwojona. Ponieważ miasto musi utrzymywać na swój koszt Inspekcję Elektryczną, widzimy zatem, że faktycznie żadnego dochodu mieć nie będzie, gdy np. Berlin w r. 1903 otrzymał około 1200000 rub., Hamburg w 1898 r. 190000 rub., Frankfurt n. M. (eksploatuje miasto) miał zysku w r. 1902/3 około 333000 rub., Lipsk otrzymał w r. 1899 około 50000 rub., Kolonia (eksploatuje miasto) w r. 1902/3 miała zysku 278000 rub.

Tak niekorzystne stanowisko Warszawy w porównaniu z innymi miastami wynika oczywiście ze specjalnych warunków, przy których ogłoszona była konkurencyja na stację elektryczną i jest wobec tego zupełnie usprawiedliwione.

Obecnie jednak warunki o tyle się zmieniły, że, czy to dzięki konkurencyi ze strony elektryczności, czy też dzięki innym okolicznościom — miasto zawarło z Towarzystwem Gazowym nowy kontrakt na warunkach dla siebie bardziej dogodnych. Obecnie zatem miasto ma w swej mocy oświetlać bardziej odległe krańce miasta nadal gazem jak i dotychczas. Ponieważ zaś zupełnie jest obojętne zarówno dla miasta jak i np. dla mieszkańców ul. Zakroczymskiej lub Mostowej i t. p. czy ulice te będą oświetlone gazem czy żarówkami, byleby oświetlenie było dostateczne i w żadnym razie nie gorsze niż obecnie, przeto należałoby pomyśleć o tem, czyby nie można było zmienić warunków umowy ze Stacją Centralną Elektryczną, żeby, uwolniwszy ją od nadmiernych ciężarów, osiągnąć wzajemian równoważne ustępstwa w postaci zmniejszenia ceny energii elektrycznej i powiększenia opłaty na rzecz miasta.

O zmniejszeniu ciężarów koncesyi pomyślała już Stacja Centralna, która wystąpiła do Magistratu z żądaniem zwolnienia stacji od obowiązku układania kabli na wszystkich ulicach miasta i zgodzenia się na to, żeby kable zostały obecnie ułożone tylko w śródmieściu. Zamiast wynikającej z warunków koncesyi ogólnej długości rowów z kablami 250 km, Stacja pragnęłaby się zadowolić długością około 45 km, t. j. prawie 6 razy mniejszą! Można było się spodziewać, że wzajemian Stacja zaproponuje miastu daleko sięgające ustępstwa. Tymczasem okazuje się, że przeciwnie Stacja pragnie, aby ją zwolniono od zobowiązań, ale natomiast chce nałożyć nowe zobowiązania na konsumentów prądu. Żąda mianowicie, żeby każdy konsument poza tą częścią miasta, gdzie będą ułożone kable (t. j. po zaśródmieściem, objętem wspomnianymi 45 km rowu), tylko wówczas mógł otrzymywać prąd elektryczny, jeżeli się zobowiąże na przeciąg trzech lat zużywać co najmniej po 15 kw-godz. rocznie na każdy metr kabla, który trzeba będzie ułożyć od miejsca, gdzie się kończy projektowana sieć kabli śródmieścia do posiadłości danego konsumenta. Jeżeliby zatem np. mieszkaniec ul. Wolskiej, mieszkający w odległości choćby 200 m tylko od miejsca, w którym podług

¹⁾ Wysoki rabat 40% nigdy pewnie przez nikogo nie będzie osiągnięty, gdyż wymaga przeszło 2500 godzin używalności lamp.

projektu Stacji Centralnej ma się kończyć sieć kabli na ul. Chłodnej, chciał otrzymać prąd do oświetlenia, to musiałby się zobowiązać, do płacenia rocznie co najmniej za 15 · 200 = 3000 kw-godz., t. j. około 900 rub. Gdyby chciał ustawić mały elektromotor, musiałby się zobowiązać również do zużycia 3000 kw-godz. po cenie 13,101 kop., t. j. do płacenia około 400 rubli! To samo się tyczy mieszkańca ul. Czerniakowskiej, Pragi i t. d. Oczywiście uniemożliwiłoby to zupełnie korzystanie z prądu elektrycznego drobnym zakładom przemysłowym i rzemieślniczym nawet na ulicach niezbyt odległych.

Nie wiemy na co liczyła Stacja Centralna występując z tego rodzaju propozycjami, z żądaniem ogromnych ulg dla siebie i nowych ciężarów dla konsumentów. Nie wątpimy jednak, że Magistrat z całą stanowczością odeprze ten zamach na interesy miasta i jego mieszkańców! Nie wpłynie oczywiście na decyzję Magistratu poparcie, którego doznał projekt stacji ze strony jednego z pism codziennych, nie wpłynie też i to, że stacja jak i owe pismo motywują swój projekt względami jakoby na dobro miasta! Twierdzą mianowicie, że przy zamianie zwykłych płomieni gazowych przez żarówki 16-świecowe, ulice miasta będą gorzej oświetlone niż obecnie, co jest oczywiście nieprawdą: płomień gazowy uliczny posiada siłę światła 12—13 świec, żarówka zatem o 16-u świecach zupełnie go zastąpi nawet gdy po pewnym czasie siła jej światła zmniejszy się o 20—25%. Wogóle zaś przy projektowanej w koncesyi zamianie światła AUER'A na łukowe a płomieni gazowych zwyczajnych na żarówki, miasto będzie oświetlone na ulicach głównych znacznie lepiej niż obecnie, a na ulicach drugorzędnych nie gorzej niż obecnie, przy tym samym koszcie oświetlenia. Oczywiście, gdyby dano wszędzie światło AUER'A (czego zresztą Magistrat ma prawo żądać od Towarzystwa Gazowego na zasadzie nowego kontraktu), oświetlenie ulic drugorzędnych byłoby znacznie lepsze niż obecnie. Nie wiemy jednak, czy na ulicach ze złym brukiem, gdzie przewożone ciężary wywołują ogromne wstrząśnienia, koszulki AUER'A mogą znaleźć zastosowanie. Zresztą i obecna żarówka Edisonowska nie jest ostatniem słowem elektrotechniki. Przeciwnie, w przeciągu ostatnich lat kilku na polu oświetlenia żarowego daje się zauważyć ogromny postęp: powstały lampy NERNST'A i osmowe AUER'A, których zużycie energii jest prawie dwa razy mniejsze niż przy dawnych żarówkach, a obecnie wyłaniają się lampy rtęciowe, zapowiadające powstanie źródła jeszcze o wiele bardziej ekonomicznego. Wprawdzie Stacja Centralna w swym wystąpieniu do Magistratu odmawia z góry wartości nowym tym lampom, ale powody tego są nazbyt przejrzyste. Zauważymy tylko, że w Ameryce spotyka się już miasta, w których ulice drugorzędne często są oświetlone nernstówkami.

Widzimy zatem, że jeżeli Magistrat zgodzi się na zmniejszenie przewidzianej w umowie z koncesyonariuszem sieci kabli, to powinien on to uczynić jedynie w takim wypadku, jeżeli osiągnie tak znaczne ustępstwa na rzecz konsumentów i miasta, że zrównoważą zupełnie ustępstwa, których żąda koncesyonariusz.

Właściwie zmiany, których żąda ostatni, przeistaczają zupełnie charakter koncesyi i to wymagałoby ogłoszenia nowej konkurencji, która jedynie może wyjaśnić, jakie mają być nowe warunki. Ponieważ jednak jest to obecnie prawdopodobnie niemożliwe, przeto można kierować się tymi warunkami, jakie zawierają koncesye na stacje elektryczne w innych miastach. Dla przykładu pozwolimy sobie przytoczyć

Zasadnicze warunki koncesyi Kijowskiej,

która jest bardzo dogodna dla miasta i jego mieszkańców.

Kijowska koncesya wydana w 1899 r. daje tylko w ciągu dziesięciu lat Towarzystwu „Union“ wyłączne prawo korzystania z ulic i placów dla rozprowadzenia prądu; po dziesięciu latach mogą inne towarzystwa i samo miasto korzystać z tego prawa. Na własność miasta instalacja przechodzi po 40-tu latach.

Na rzecz miasta Towarzystwo obowiązuje się płacić w ciągu pierwszych lat pięciu 5%, w ciągu następnych lat pięciu 6½%, w ciągu dalszych lat pięciu 7½%, a przez resztę czasu trwania koncesyi 8% od dochodu brutto. Poza tem miasto otrzymuje połowę nadwyżki czystego dochodu Towarzystwa ponad 5%.

Za energię elektryczną do oświetlania ulic i placów Towarzystwo pobiera od miasta po 5 kop. za kw-godz. do lamp łukowych i po 15 kop. do lamp żarowych¹⁾.

Wszystkie gmachy miejskie otrzymują energię elektryczną po niższej cenie: 14 kop. do lamp łukowych i 19 do lamp żarowych. Prywatni konsumenci płacą za energię elektryczną do lamp łukowych po 19 kop. i do lamp żarowych po 28 kop. za kw-godz. Prąd do motorów, ogrzewania i elektrolizy po 12,5 kop. za kw-godz.

Poza tem są rabaty w zależności od przeciętnej ilości godzin palenia się lamp w ciągu roku lub przeciętnej zużycia energii w ciągu roku w jednej 16-świecowej lampce.

Dla lamp żarowych:

5% ponad 800 godz. lub 16,8 kw-godz.
do 26% „ 1500 „ „ 84,0 „

Dla lamp łukowych:

5% ponad 700 godz. lub 39,2 kw-godz.
do 25% „ 3500 „ „ 196,0 „

¹⁾ Warszawa ma płacić po 10,9572 kop. za kw-godzinę.

Źródła żelaziste w Lubelskiem.

Źródła żelaziste w okolicach Lublina są znane od dawna: istnieniu ich zawdzięczają głównie zakłady lecznicze w Sławinku i Nałęczowie swe powstanie. Nie jest jednak dotąd wyjaśnione pochodzenie tych zdrojowisk. W opisie Nałęczowa przez d-ra TALKĘ jest tylko taka wzmianka: „Dr. NOWICKI mniema, że zasila je jedna i ta sama żyła wód żelazistych, która tworzy źródła Szepetowickie na Wołyniu, Sławinkowskie i Bronowickie pod Lublinem“.

Zdanie powyższe ujawnia przedewszystkiem bardzo powierzchownie zebrany materiał obserwacyjny: źródła Bronowickie nie zasługują na nazwę żelazistych, co zaś się tyczy wspólnej żyły, to istnienie jej jest wprost niemożliwe; wykaże to poniżej. Natomiast, jeżeli zamiast „jednej i tej samej żyły“ powiemy, że geneza źródeł we wszystkich wymienionych wyżej miejscowościach jest jednakowa, to będziemy bliżej prawdy. Istotnie, rażąco podobieństwo wód we wszystkich znanych mi źródłach żelazistych każe przypuszczać, że i sposób powstania ich musi być jednakowy.

Dotąd nie posiadamy, niestety, dostatecznych danych naukowych do zupełnego rozwiązania kwestyi. Na zasadzie danych istniejących możemy tworzyć tylko mniej lub więcej uzasadnione hipotezy, których rozbiór jest właściwym przedmiotem pracy niniejszej. Raz poruszone pytanie może doczeka się więcej światła.

W Lubelskiem źródła żelaziste spotyka się dość często: do wyżej wspomnianych miejscowości dodać należy jeszcze Dąbrowicę, Turkę i inne. Tak zwanych rudzianek, t. j. błotek, wśród których

znajduje się osad tlenku żelazowego, jest też bardzo wiele. Poza tem podczas wycieczek podmiejskich zdarzało mi się pić wielokrotnie wodę ze studzien wiejskich, dróżniczych, często dość głębokich, o silnie atramentowym smaku, który wskazuje na obecność w wodzie związków żelaza.

Temperatura tych źródeł jest 8,7 — 9,5° C.; mineralizację swoją zawdzięczają przeważnie węglanowi kwaśnemu wapniowemu i tlenkowi żelazowemu; prócz tego zawierają jeszcze sole sodu, potasu, magnezu, fosforu i, prawdopodobnie jako domieszkę, nieco ciał organicznych i azotu. Charakterystycznym jest również to, że obok źródeł żelazistych wytryskują nader twarde źródła praśne, różniące się od pierwszych tylko ilościową zawartością soli mineralnych.

Średnia roczna temperatura powierzchni, wyprowadzona na zasadzie wieloletnich obserwacji meteorologicznych ś. p. ojea mojego w Lublinie¹⁾, jest 7,5° C., z czego wynika, że źródła pochodzą z niewielkich stosunkowo głębokości. Istotnie, ponieważ podniesienie się temperatury wnętrza ziemi o 1° C. odpowiada wzrostowi głębokości o 33 m, przeto poziom wód żelazistych wypada nam szukać na głębokości 40—60 m. Wyniesienie płaskowzgórz lubelskich nad dolinami dochodzi również 30 — 40 m, a więc powyższa głębokość jest tylko nieco większą od głębokości poziomu wogóle wód grunto-

¹⁾ Obserwacje te drukowane były w Pamiętniku Fizyograficznym i podpisywane pseudonimem „Niewiadomski“.

wych, który to poziom określaają obfite źródła słodkie, bijące u stóp tych wzgórz. Toż samo wskazują i studnie na wzgórzach, mające zwykle 25—40 m głębokości.

Gdyby źródła, o których mowa, powstawały dzięki podziemnemu potokowi wód, zasilanemu żelazem gdzieindziej, to strumień tych wód musiałby być albo ogromnej szerokości, wobec tego, że źródła żelaziste rozrzucone są na wielkiej przestrzeni, lub posiadać mnóstwo rozgałęzień i tworzyć sieć znacznych wymiarów. Ponieważ źródła wytryskują nie w dolinie jakiejś rzeczki, lecz spotyka się je u brzegów wielu, więc owe przypuszczalne strumienie powinnyby przecinać w poprzek doliny rzeczne, co jest oczywiście niepodobieństwem wobec tego, że poziom dolin jest tylko nieco wyższym od przypuszczalnych strumieni. Nadto warunki geologiczne Lubelskiego wogóle nie sprzyjają powstawaniu żył wód podziemnych wobec prawie poziomego uwarstwienia skał i braku szczelin dyzlokacyjnych.

Z powyższego rozumowania wynika, że przyczyn żelazistości wód należy szukać w warunkach miejscowych. Na zasadzie wyżej wskazanego podobieństwa źródeł słodkich i żelazistych należy przyjąć, że geneza ich początkowo jest jednakowa. Przyjrzyjmy się teraz sposobowi powstawania wogóle źródeł w okolicach Lublina, w celu wyszukania warunków, w których woda może się nasycać żelazem. Wskutek przepuszczalności utworów lodowcowych, pokrywających tu powierzchnię ziemi i składających się z lössu (gliny mamutowej) i piasków, znaczna część opadów atmosferycznych przedostaje się wgląb, gdzie spotyka warstwy wapieni marglowych, formacji kredowej. Muszę tu zaznaczyć, że löss, aczkolwiek to glina, jest pomimo to dość przenikliwym dla wody z przyczyny po pierwsze swej piaszczystości, a po drugie dzięki temu, iż jest on złożenia rurkowatego w kierunku pionowym, które warunkuje jednocześnie właściwość jego trzymania się w postaci pionowych ścian w wąwozach. Powierzchnia wapieni wskutek zwietrzenia jest silnie popękana w pionowym i poziomym kierunku. Przy oglądaniu kamieniołomu, wapienie wydają się jakoby złożone z oddzielnych kostek od góry, a im głębiej, tem całkowitszymi stają się ich warstwy. Chociaż więc warstw bezwzględnie nieprzenikliwych tu niema, to jednak, ponieważ trudność przesiąkania wody w kierunku pionowym wzrasta jednocześnie z głębokością, więc rozlewa-

nie poziome także powstaje i warunkuje wytrysk źródeł w dolinach tam, gdzie występują obnażenia wapieni lub gdzie wapienie są pokryte tylko cienką warstwą napływów. Wodonośnym poziomem, a przynajmniej pierwszym wodonośnym poziomem są górne warstwy wapieni.

Przed nasyceniem wodą, ani löss ani też piaski nie mogą posiadać żelaza w dostatecznej ilości, wypływa to z geologicznego charakteru tych utworów. Gdyby to zresztą zachodziło, to wtedy w pewnych miejscowościach źródła musiałyby być wogóle żelazistemi; słodkie mogłyby się ukazywać tylko wyjątkowo. W rzeczywistości jest jednak naodwrot. Wapienie natomiast zawierają wszelkie sole mineralne, spotykane w wodach; piroluzyst uwidocznia się jako dendryty na płaszczynach łupliwości, brunatną rudę żelazną (limonit) znajdowałem w postaci gałek wielkości grochu w szczelinach wapieni (Nałęczów), sole potasu, sodu, fosforu znajdują się wszędzie w małych ilościach, więc obecność ich w wodzie jest naturalna.

Ostatecznie sprawa czerpania żelaza przez wodę wobec wykazanych faktów daje się wyjaśnić tylko przez przypuszczenie, że w wapieniach tu i owdzie istnieją poziomy bogate w żelazo, czego możliwości dowodzą owe sporadyczne gałki limonitu.

Niewyjaśnionym na razie pozostaje fakt zawartości w wodzie żelazistej ciał organicznych stałych, azotu i metanu. Osady atmosferyczne, jak wiadomo, zawierają ciała organiczne, pobrane z powietrza, łącznie z dwutlenkiem węglowym, koniecznym do rozpuszczenia wapna i żelaza, przy przesiąkaniu przez glebę (ziemię rodzajną) i ilość tych ciał powiększa się znacznie, ale już na głębokości 50 m (patrz temperaturę źródeł) ciał organicznych stałych, azotu i metanu nie może być wcale!

Skąd więc biorą się te składniki w źródłach? Fakt, że analizowane źródła nałęczowskie i sławinkowskie leżą bardzo nisko, niżej od przasných, naprowadza na myśl, że składniki organiczne, zawarte w nich, zawdzięczają one domieszcze wód zaskórnych, w które obfituje błotnisto-łąkowy teren tych źródeł, a zatem są to domieszki obce, które możnaby bez zbytnej trudności usunąć, drogą ścisłego oddzielenia źródeł od wód bocznych. Dlaczego dotąd tego nie zrobiono a nawet nie przedsięwzięto w takim renomowanym zakładzie jak „Nałęczów“, badań przedwstępnych, objaśnić nie umiem.

St. Doborzyński, inż. górń.

Obliczenie lin drucianych, pracujących na wale.

Napisał H. Czopowski, inżynier.

(Ciąg dalszy; p. № 35 r. b., str. 467).

Porównyując to ostatnie równanie z równaniem (48), przyjdziemy do wniosku, iż w danym wypadku $i = \beta$.

Oznaczmy obecnie z rys. 4 wielkość (z) mierzoną po łuku koła największego, na którym leży pewien punkt włókna. Z geometrycznego stosunku wynika:

$$\frac{d(z)}{EF} = \frac{GO}{DO} \dots \dots \dots (60),$$

oraz
$$\overline{DF} = r d\psi \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots (61),$$

$$\overline{DO} = R + r - r \cos \psi \dots \dots \dots (62),$$

oznacząc:
$$GO = R_z;$$

z (60), (61) i (62) napiszemy:

$$d(z) = \frac{r d\psi}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{R_z}{R + r - r \cos \psi} \dots \dots \dots (63),$$

skąd
$$(z)_\psi = R_z \cdot \frac{r}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \int_0^\psi \frac{d\psi}{R + r - r \cos \psi} \dots \dots \dots (64).$$

Zcałkowanie wzoru (64) daje 1):

$$(z) = R_z \cdot \frac{r}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{2}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{R+2r}{R}} \operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi \right) \dots \dots \dots (65).$$

Stała wielkość pochodząca z całkowania = 0, gdyż dla $\psi = 0$ powinno być $(z) = 0$.

1) Por. podręcznik niemiecki „Hütte“, wyd. 18, 1902 r., t. I, str. 72, wzór 30.

Obliczmy (z) dla $\psi = 2\pi$; w danym wypadku

$$R_z = R; \quad \operatorname{tg} \frac{2\pi}{2} = -0$$

$$\operatorname{arctg} (-0) = \pi.$$

Podstawiając w (65), otrzymamy:

$$(z)_{2\pi} = \overline{AC} = \frac{2\pi r}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{R}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \dots \dots \dots (66);$$

mając na uwadze wzór (52), możemy napisać:

$$\overline{AC} = (z)_{2\pi} = \overline{AB} \cdot \frac{R}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \dots \dots \dots (67).$$

Linia \overline{AB} cylindra (rys. 3) przyjmuje położenie \overline{AB} na pierścieniu (rys. 4), stosunek tych długości da się wyrazić:

$$\frac{\overline{KL}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AB}} = \frac{R+r}{R} \dots \dots \dots (68),$$

przyпускаjąc, iż długość osi cylindra musi być równą długości osi obojętnej liny zgiętej (zasadnicze pojęcie ugięcia się liny). Określając \overline{AB} ze wzoru (68) i podstawiając w (67), otrzymamy po zniesieniu R :

$$\overline{AC} = \overline{AB} \cdot \frac{R+r}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \dots \dots \dots (69).$$

Z tego ostatniego wzoru widzimy, że wielkość:

$$\frac{R+r}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} > 1 \dots \dots \dots (70),$$