

1961

PAŃSTWOWA RADA ELEKTRYCZNA  
POLSKI KOMITET ELEKTROTECHNICZNY

OBLICZANIE

SŁUPÓW

ELEKTRYCZNYCH

OBJAŚNIENIA I KOMENTARZE DO OBOWIAZUJĄCYCH  
W POLSCE „PRZEPISÓW TECHNICZNYCH NA LİNJE  
ELEKTRYCZNE NAPOWIETRZNE“

Z RYSUNKAMI ORAZ PRZYKŁADAMI W TEKŚCIE

NAPISAŁ

PRZEWODNICZĄCY SEKCJI PRZEPISOWEJ P. K. E.

STANISŁAW ODROWĄŻ WYSOCKI

PROFESOR POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

*honorowy członek-korespondent Związku Elektrotechników  
Czechosłowackich*

WARSZAWA  
NAKLADEM MINISTERSTWA ROBÓT PUBLICZNYCH  
1927

1201



BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, Pl. Jedności Robotniczej 1

~~C. 7440~~



nr. 90



Drukarnia Wł. Łazarzkiego  
Złota № 7/9

17/40. 55. D

## Przedmowa.

Elektryczne linje napowietrzne mają już własną „mechanikę”. Umiejętność obliczania słupów rozwijała się stopniowo, opierając się na podłożu teoretycznym i na wynikach wieloletniego doświadczenia. Dla uproszczenia rachunku trzeba było zawrzeć z teorią niejeden kompromis, a ze względów praktycznych — obniżyć stopnie bezpieczeństwa, wymagane w innych konstrukcjach (np. w mostach), a zbyt ostre dla wsporników elektrycznych.

Przy układaniu materiału korzystałem z literatury, wyszczególnionej poniżej, i ze wskazówek, udzielonych mi łaskawie przez prof. L. Karasińskiego. Obliczenie ustoju słupa jest kompilacją kilku prac z tej dziedziny, uzupełnioną i potraktowaną w sposób swoisty.

Wielką przysługę okazał mi inż. kom. docent Bogumił Hummel przez dokładne przestudjowanie całego rękopisu i udzielenie licznych, a cennych uwag.

Pozatem korzystałem z pomocy redakcyjnej inż. S. Konczykowskiego oraz z pomocy korektorskiej i rysunkowej inż. A. Miklaszewskiego, S. Paleckiego i J. Surmackiego.

Za współpracę serdecznie dziękuję.

*S. WYSOCKI.*



## Spis rzeczy.

	<i>Str.</i>
Spis rzeczy po francusku . . . . .	VI
Oznaczenia . . . . .	VII
Literatura . . . . .	XI
Inne wydawnictwa autora . . . . .	„
§ 1. Siły działające na słup . . . . .	1
§ 2. Rodzaje obciążenia . . . . .	8
§ 3. Słupy drewniane wogóle . . . . .	15
§ 4. Pojedynczy słup jednolity . . . . .	20
§ 5. Słup na szrudłach; słup bliźniaczy . . . . .	32
§ 6. Słup rozkraczny; słup A-owy . . . . .	42
§ 7. Słup odciążony; słup podparty . . . . .	51
§ 8. Słupy kratowe wogóle . . . . .	58
§ 9. Słup kratowy z dwóch korytek . . . . .	63
§ 10. Słup kratowy z czterech kątowników . . . . .	70
§ 11. Ugięcie słupa . . . . .	80
§ 12. Poprzeczniki . . . . .	85
§ 13. Trzony izolatorowe . . . . .	95
§ 14. Zasady ustoju . . . . .	104
§ 15. Obsada podziemna . . . . .	120
Tablice: I. Spółczynniki wytrzymałościowe dla drzewa, żelaza i betonu . . . . .	134
II. Średnice drutów i linek . . . . .	135
III. Normalne wymiary słupów żelaznych . . . . .	„
IV. Kątowniki . . . . .	136
V. Korytka . . . . .	138
VI. Gwint Whitworth'a . . . . .	„
VII. Izolatory . . . . .	139
VIII. Hakowate trzony izolatorowe . . . . .	„
IX. Proste trzony izolatorowe . . . . .	140
X. Spółczynniki wytrzymałościowe dla ziemi . . . . .	141
XI. Normalna głębokość zakopania słupa . . . . .	„
XII. Nity . . . . .	142
Skorowidz alfabetyczny . . . . .	143
Przepisy obowiązujące (rozporządzenie).	

# Calcul des poteaux électriques.

	<i>Pages</i>
Notations . . . . .	VII
Bibliographie . . . . .	XI
Publications du même auteur . . . . .	»
§ 1. Forces agissantes sur le poteau . . . . .	1
§ 2. Charges . . . . .	8
§ 3. Poteaux en bois . . . . .	15
§ 4. Poteau simple uniforme . . . . .	20
§ 5. Poteau sur pieds et poteau jumelé . . . . .	32
§ 6. Poteau en A. . . . .	42
§ 7. Poteau delesté; poteau étayé . . . . .	51
§ 8. Poteaux en treillis . . . . .	58
§ 9. Poteau en treillis à deux fers en U . . . . .	63
§ 10. Poteau en treillis à quatre cornières . . . . .	70
§ 11. Calcul de la flèche du poteau . . . . .	80
§ 12. Traverses . . . . .	85
§ 13. Supports des isolateurs . . . . .	95
§ 14. Conditions d'équilibre . . . . .	104
§ 15. Fondation . . . . .	120
Tables numériques . . . . .	134
Table alphabétique des matières . . . . .	143
Réglements obligatoires.	



## Oznaczenia.

**Wielkości mechaniczne** (siły i wysiłki w kg, momenty w kgcm, naprężenia w słupach, belkach, ziemi w kg/cm<sup>2</sup>, naprężenia w przewodach w kg/mm<sup>2</sup>).

*E* — sprężystość w kg/cm<sup>2</sup>;

*F* — siły i wysiłki wogóle, w kg (*I, P, S, U* — parcie wiatru; *N* — naciąg; *Q* — waga; *X, Y, Z* — siły umyślone); *F<sub>dzw</sub>* — największa siła dozwolona; *F<sub>k</sub>, F<sub>u</sub>* — wysiłki w belce pionowej, ukośnej; *F<sub>x</sub>, F<sub>y</sub>* — siły poziome wzdłuż osi *x, y*; *F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>* — a) wysiłki w górnym i dolnym przęśle słupa A-owego, b) siły poziome złożone na karb pionowych i poziomych naprężeń ziemi; *F'* — a) siła przełożona, b) wysiłek w górnym przęśle belki krawędziowej; *F', F''* — poziome siły umyślone; *F<sup>a</sup>, F<sup>b</sup>, F<sup>O</sup>, F<sup>W</sup>* — poziome siły, przyłożone w punktach *a, b, O, W*; *F<sup>N</sup>, F<sup>X</sup>* — poziome siły, gdy słup zakopany do poziomu *N, X*;

*I* — parcie wiatru na izolatory, trzony i poprzeczniki, w kg;

*J* — moment bezwładności przekroju, w cm<sup>4</sup>; *J<sub>x</sub>, J<sub>y</sub>, J<sub>ξ</sub>* — względem osi *x, y, ξ*; *J<sub>min</sub>* — najmniejszy; *J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>* — w górnym i dolnym przęśle słupa A-owego; *J<sup>S</sup>, J<sup>X</sup>, J<sup>Z</sup>* — w przekroju *S, X, Z*;

*k* — naprężenie dopuszczalne 1) w słupach, belkach, ziemi w kg/cm<sup>2</sup>; *k<sub>b</sub>* — parcia biernego ziemi; *k<sup>B</sup>, k<sup>T</sup>* — w przekroju *B, T*; 2) — w przewodach w kg/mm<sup>2</sup>;

*M* — moment zginania lub wywrotu, w kgcm; *M<sub>dzw</sub>* — największy dozwolony; *M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>* — względem osi *x, y*; *M<sup>A</sup>, M<sup>B</sup>, M<sup>J</sup>, M<sup>J'</sup>, M<sup>N</sup>, M<sup>T</sup>, M<sup>X</sup>, M<sup>Z</sup>* — względem przekroju *A, B* i t. d.;

*N* — naciąg w kg; *N<sub>p</sub>* — od parcia wiatru; *N<sub>q</sub>* — od ciężkości; *N<sub>w</sub>* — wypadkowy;

*P* — parcie wiatru na przewody, w kg;

*p* — naprężenie w słupach, belkach, ziemi, w kg/cm<sup>2</sup>; — w przewodach w kg/mm<sup>2</sup>; *p<sub>f</sub>* — od siły *F*; *p<sub>g</sub>* — zginania; *p<sub>r</sub>* — rozciągania; *p<sub>s</sub>* — ściskania; *p<sub>t</sub>* — ścinania; *p<sub>w</sub>* — wybacające; *p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub>, p<sub>4</sub>* — od obciążenia 1), 2) i t. d.; *p<sub>2,3</sub>* — wypadkowe od obciążenia 2) i 3); *p<sup>A</sup>, p<sup>B</sup>, p<sup>J</sup>, p<sup>N</sup>, p<sup>T</sup>, p<sup>X</sup>, p<sup>Z</sup>* — w przekroju *A, B* i t. d.;

*Q* — 1) waga w kg; *Q<sub>i</sub>* — izolatorów, trzonów i poprzeczników; *Q<sub>p</sub>* — przewodów z sadzią; *Q<sub>s</sub>* — słupa; *Q'* — górnego przęśla; *Q', Q''* — umyślona; *Q<sup>N</sup>, Q<sup>O</sup>, Q<sup>U</sup>, Q<sup>X</sup>, Q<sup>Z</sup>* — ciężąca na przekroju *N, O* i t. d.; 2) wysiłek w kg; *Q<sub>u</sub>* — w belce ukośnej, wywołany siłą ciężkości;

*S* — parcie wiatru na słup, w kg; *S<sub>||</sub>, S<sub>⊥</sub>* — równoległe i prostopadłe do linii; *S', S''* — na górną i dolną część słupa; *S<sup>a</sup>, S<sup>b</sup>* i t. d., *S<sup>ξ</sup>* — skupione w punkcie *a, b* i t. d.; *S<sup>N</sup>, S<sup>X</sup>, S<sup>Z</sup>* — od wierzchołka do przekroju *N, X, Z*;

- $U$  — parcie wiatru na podporę lub odciążkę, w kg;  
 $W$  — moment wytrzymałości przekroju, w  $\text{cm}^3$ ;  $W_x, W_y$  — względem osi  $x, y$ ;  
 $W_A, W_B, W_X, W_Z$  — przekroju  $A, B, X, Z$ ;  $W_k$  — od skręcania;  
 $X, Y, Z$  — umyślane siły i wysiłki w kg;  $Z$  — waga obeliska ziemi w kg;  
 $\beta$  — ściśliwość w  $\text{cm}^2/\text{kg}$ ;  $\beta^T$  — u stopy;  
 $\gamma$  — ciężkość właściwa w  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  
 $\Delta N$  — różnica naciągów, w kg;  
 $\lambda$  — smukłość;  
 $\sigma$  — stopień bezpieczeństwa;  $\sigma_1, \sigma_2$  — w górnym i dolnym przęśle słupa A-owego;  
 $\chi$  — współczynnik do obliczania przelotowych słupów drewnianych.

**Wielkości geometryczne** (wymiały słupów i belek w  $\text{cm}$  i  $\text{cm}^2$ , długość przewodów i rozpiętość w  $\text{m}$ , średnice i przekroje przewodów w  $\text{mm}$  i  $\text{mm}^2$ ).

- $a$  — rozpiętość w  $\text{m}$ ;  
 $b$  — szerokość korytka w  $\text{cm}$ ;  $b_o$  — głębokość wnęki korytka;  
 $c$  — grubość ścianki w korytku i grubość płaskownika, w  $\text{cm}$ ;  
 $d$  — 1) średnica w  $\text{cm}$ ;  $d^N, d^S, d^T, d^U, d^W, d^X, d^Z$  — słupa w poziomie  $N, S$  i t. d.;  $d^{U'}, d^{S'}, d^{Z'}$  — podpory w przekrojach  $U', S', Z'$ ;  $d_{max}, d_{min}$  — nitu największa i najmniejsza;  $d^B, d^C, d^D, d^O$  — trzonu w poziomie  $B, C, D, O$ ;  $d', d''$  — zewnętrzna i wewnętrzna u szyjki izolatora; 2) grubość haka w  $\text{cm}$ ; 3) szerokość belki w  $\text{cm}$ ;  
 $e$  — 1) odległość między środkami ciężkości dwóch profilów w  $\text{cm}$ ;  $e_x, e_y$  — wzdłuż osi  $x, y$ ;  $e^A, e^Z$  — w przekroju  $A, Z$ ; 2) odległość wierzchołka trzonu od punktu przyłożenia siły, w  $\text{cm}$ ;  
 $f$  — 1) zwis w  $\text{cm}$ ;  $f_u$  — przy upale  $+40^\circ\text{C}$ ; 2) wysokość trzonu od punktu przyłożenia siły do przegubu lub do powierzchni poprzecznika, w  $\text{cm}$ ;  
 $g$  — 1) głębokość w  $\text{cm}$ ;  $g^B, g^J, g^S, g^T$  — punktu  $B, J$  i t. d.; 2) długość ostrza w trzonie hakowatym, w  $\text{cm}$ ;  
 $h$  — 1) wysokość nad powierzchnią ziemi, w  $\text{cm}$ ;  $h_n$  — przyłożenia naciągu;  $h_p$  — przyłożenia parcia wiatru;  $h^O$  — średnia wysokość zawieszenia przewodów;  $h^W$  — wierzchołka  $W$ ; 2) wysokość profilu korytka, w  $\text{cm}$ ;  
 $i$  — 1) odległość punktu  $O$  od punktu przyłożenia podpory, odciążki lub siły, w  $\text{cm}$ ; 2) wysokość główki izolatora, w  $\text{cm}$ ;  
 $k$  — wysokość przyłożenia podpory, odciążki lub siły, w  $\text{cm}$ ;  
 $l$  — długość wogóle, a długość wybożenia w szczególności, w  $\text{cm}$ ;  $l_u$  — ukośnika;  $l_1, l_2$  — górnego i dolnego przęśla słupa A-owego;  
 $m$  — mimośród, czyli odstęp pionowej siły parcia od osi trzonu, osi fundamentu i t. d., w  $\text{cm}$ ;  
 $n$  — odstęp pionowej siły parcia od krawędzi fundamentu, w  $\text{cm}$ ;  
 $r$  — promień krzywizny w  $\text{cm}$ ;  $r_w, r_z$  — promień koła wewnętrznego i zewnętrznego, w  $\text{cm}$ ;  
 $s$  — przekrój słupa, belki, odciążki albo powierzchnia pręca, w  $\text{cm}^2$ ; *Sbrutto, Snetto* — bez odliczania otworu na nit i po odliczeniu;  $s^A, s^B, s^X, s^Z$  — na poziomie  $A, B$  i t. d.;  
 — wysokość punktu przyłożenia siły nad osią poprzecznika, w  $\text{cm}$ ;



- $u$  — szerokość słupa lub fundamentu, w cm;  $u^A, u^W, u^Z$  — na poziomie  $A, W, Z$ ;  
 $v$  — 1) grubość słupa lub fundamentu, w cm;  $v^A, v^B, v^W, v^I, v^Z$  — na poziomie  $A, B$  i t. d.;  $v'$  — umyślona; 2) średnica sworznia w cm;  
 $w$  — wysięg w cm;  $w'$  — haka względem przekroju  $B-B$  (rys. 46);  
 $x$  — odległość zmienna, w cm: 1) od wierzchołka, 2) od ziemi, 3) od punktu przyłożenia siły;  $x^O$  — punktu  $O$ ;  $x_{kr}$  — wysokość krytyczna;  
 $y$  — strzałka ugięcia;  $y^O, y^U, y^W$  — w punkcie  $O, U, W$ ;  
 $\alpha$  — kąt pochylu względem pionu;  $\alpha^W, \alpha^Z$  — ukośnika u wierzchołka  $W$  i u poziomiu  $Z$ ;  
 $\beta$  — 1) kąt padania wiatru; 2) połowa kąta załomu linii;  
 $\gamma$  — kąt zbieżności ścianek klina;  
 $\Delta$  — 1) przyrost grubości słupa, w cm/cm; 2) „zgniot“ ziemi w cm;  $\Delta^T$  — w poziomie  $T$ ;  
 $\delta$  — średnica przewodnika w mm;  
 $\nu$  — stosunek dwóch odcinków;  $\nu_1 = g^S : g^T$ ;  $\nu_2 = v^Z : v^T$ ;  
 $\xi_0$  — odległość środka ciężkości profilu od krawędzi, w cm;  
 $\Sigma \delta$  — suma średnic wszystkich przewodów, w mm;  
 $\varphi$  — kąt zesypu;  
 $\omega$  — kąt =  $\sqrt{Q : (E \cdot J)}$ .

### Wskaźniki.

#### Wskaźniki górne.

- $A, B \dots a, b \dots$  — w punkcie  $A, B \dots a, b \dots$ ;  
 $'$  — 1) przełożone, 2) umyślone, 3) w górnym i dolnym prześle, 4) zewnętrzne, wewnętrzne;  
 $\wedge$  (nad literą) — dodawanie geometryczne.

#### Wskaźniki dolne.

- $b$  — bierne (parcie);  
*brutto* — (przekrój) całkowity, jakby nie było otworu na nit;  
*dzw* — dozwolone;  
 $f$  — od siły  $F$ ;  
 $g$  — zginanie;  
 $i$  — izolatory, trzony, poprzeczники;  
 $k$  — 1) skręcanie, 2) belka krawędziowa, pionowa, dolna część słupa;  
 $kr$  — krytyczne;  
*max* — największe;  
*min* — najmniejsze;  
 $n$  — naciąg;  
*netto* — (przekrój) po odliczeniu otworu na nit;  
 $p$  — przewody;  
 $q$  — waga;  
 $r$  — rozciąganie;  
 $s$  — 1) ściskanie, 2) słup;



- $t$  — ścinanie;  
 $u$  — 1) ukośne (podpora, odciążka i t. d.), 2) upał;  
 $w$  — 1) wyboczenie, 2) wypadkowe, 3) wewnętrzne;  
 $x, y, z$  — względem osi  $x, y, z$  albo w kierunku tych osi;  
 $z$  — zewnętrzne;  
 $\parallel$  — równoległe do linii;  
 $\perp$  — prostopadłe do linii.

#### Oznaczenia na rysunkach.

- A, B, C — przekroje na różnych wysokościach;  
 B — wierzchołek paraboli;  
 J — punkt obojętny w ziemi;  
 N — przekrój niebezpieczny;  
 O — poziom średniej wysokości zawieszenia przewodów;  
 S — środek długości wyboczenia;  
 T — stopa słupa;  
 U — punkt przyłożenia podpory, odciążki i t. d.;  
 W — wierzchołek;  
 X — przekrój dowolny;  
 Z — przekrój przyziemny;  
 $x, y$  — osie poziome:  $x$  — w kierunku większej wytrzymałości,  $y$  — w kierunku mniejszej wytrzymałości;  
 $x, y$  — osie:  $x$  — pozioma,  $y$  — pionowa.

Litery, podane kursywą (*pochyle*), oznaczają wielkości np. siły, długości i t. d., a podane antykwą (*pionowe*), oznaczają punkty, poziomy lub osie. Litery i liczby *podkreślone* oznaczają długości.

## Literatura.

- F. Kapper.** „Freileitungsbau-Ortsnetzbau“; wydanie II; Monachjum, Berlin; 1920.
- Herbert Kyser.** „Die elektrische Kraftübertragung“; wydanie II; Berlin; 1921.
- Ludwig Griesbeck.** „Der Freileitungs-Bau“; Diessen; 1917.
- Dr. H. Fröhlich.** „Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten“; Berlin; 1921.
- Dr. Ing. Max Möller.** „Erddruck-Tabellen“; Lipsk; wydanie II; 1922.
- Siemens-Schuckertwerke.** „Anleitung zum Bau von Hochspannungs-Freileitungen“; Berlin; 1915.
- „Vorschriftenbuch des **Verbandes Deutscher Elektrotechniker**“; wydanie XIII; Berlin; 1926.
- „Vorschriften für die bruchsichere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen“; **Reichspostministerium**; 1924.
- Dr. Otto Mohr.** „Abhandlungen aus dem Gebiete der Technischen Mechanik“. Roczniki czasopism: „**Elektrotechnische Zeitschrift**“, „**Elektrotechnik und Maschinenbau**“, „**Bulletin**“ Szwajcarskiego Związku Elektrotechnicznego.
- „**Telegraphenbauanordnung**“; Berlin; 1906.
- Edgar T. Painton.** „Mechanical design of overhead electrical transmission lines“; Londyn; 1925.
- Tribot Laspière.** „Grands réseaux électriques à haute tension“; Paryż; 1925.
- Constant van Gastel.** „Calcul et construction de réseaux“; Bruksela, Paryż; 1925.
- Jules C. Brull.** „Lignes électriques aériennes“; Paryż; 1935.
- Ing. Vladimir List.** „Mechanika venkovních vedení“; Praga; 1920.
- Ing. V. Machytka.** „Stavba dalkových vedení elektrických“; Praga; 1920.
- „Předpisy a Normálie **Elektrotechnického Svazu Československého**“; 1920; 1923; 1925.
- Prof. S. P. Timoszenko.** „Kurs wytrzymałości materiałów“; przełożył M. T. Huber; Lwów; 1921.
- Leon Karasiński.** „Wytrzymałość tworzyw“; wydanie II; Warszawa; 1921.
- Prof. P. Wojnarowski.** „Wozdusznaja elektriczeskija liniji“; Petersburg; 1905.
- Prof. P. K. Chudjakow.** „Soprotiwlenje matierjalow“; Moskwa; 1909.

## Inne wydawnictwa autora.

- Ein neues System zur Bekämpfung von Grubenbränden** von J. Krzyżanowski und S. Wysocki; Berlin; 1903 (wyczerpane).
- Nouveau système pour combattre les incendies dans les mines** par J. Krzyżanowski et St. Wysocki; Paris; 1904 (wyczerpane).
- Urządzenia elektryczne do siły i światła.** Podręcznik kieszonkowy elektrotechniki praktycznej z uwzględnieniem montażu, dozoru i obsługi, ułożył Stanisław Odrowąż Wysocki. Wydanie III uzupełnione; Gebethner i Wolff; 295 str.; 235 rys.

- Opisowy słowniczek elektrotechniczny.** Ułożył Stanisław Wysocki. Wydawnictwo „Koła Elektrotechników“ (wyczerpane).
- Kalendarz Elektrotechniczny** na rok 1922 i 1923 redagował prof. St. Odrowąż Wysocki. Wydawnictwa rok drugi.
- Terminy elektrotechniczne.** Zestawił prof. St. Odrowąż Wysocki. Wydawnictwo „Przeglądu Elektrotechnicznego“ (wyczerpane).
- Przepisy i normy elektrotechniczne** „Związku Elektrotechników Niemieckich“, przetłumaczone pod redakcją Stanisława Odrowąż Wysockiego. Wydawnictwo „Związku Elektrowni Polskich“; 363 str.
- Obliczanie przewodów elektrycznych** napisał Stanisław Odrowąż Wysocki. Wydawnictwo „Związku Elektrowni Polskich“; 324 str.; 183 rys.
- Słownik elektrotechniczny** polsko-czesko-rosyjsko-francusko-angielsko-niemiecki, ułożył Stanisław Odrowąż Wysocki. Wydawnictwo „Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego“ (w druku).
-