

O WYTYCZANIU ŁUKÓW

PRZY BUDOWLACH

lądowych i wodnych

(z tablicami)

PODAŁ

LUDWIK REGIEC

c. k. inżynier.

Przedruk zastrzega się.

KRAKÓW.

Nakładem Autora. — Członkami drukarni A. Słomskiego i Sp.

1895.

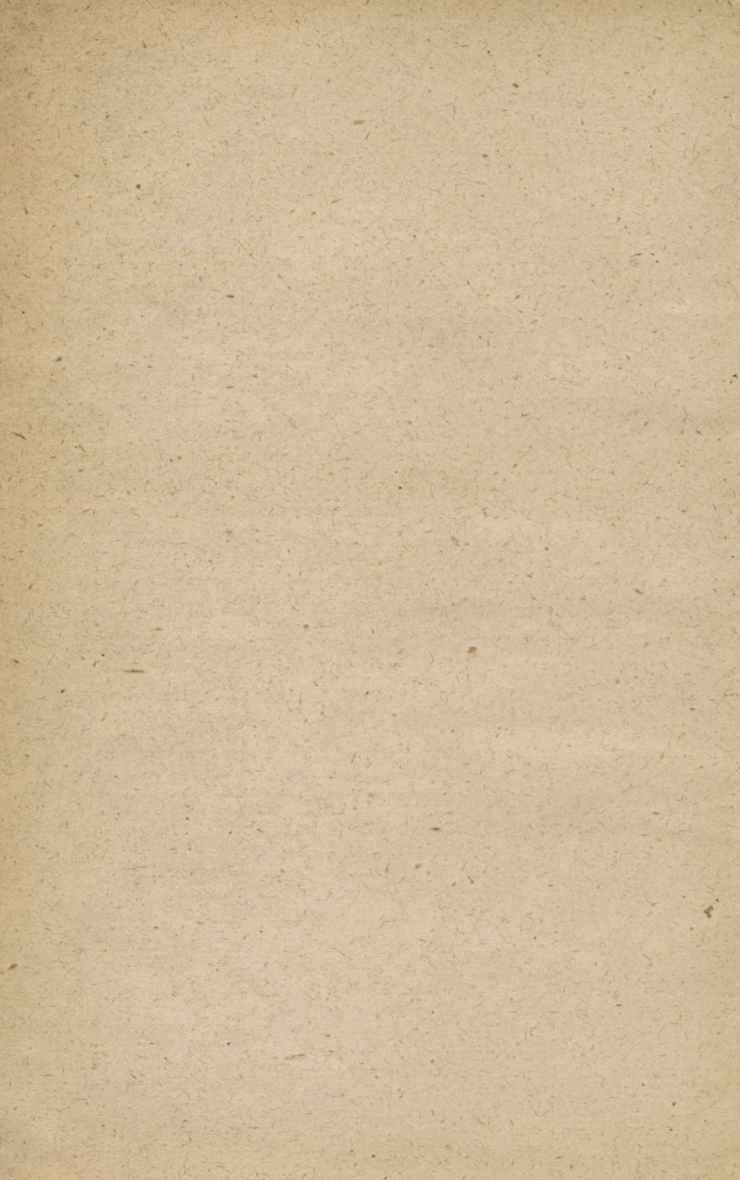
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000340230

Wielmożnemu Panu
Hipolitowi Łęczyńskiemu
i h. Nędińskiemu
w dowód wdzięków i szacunku.
W Janobrzegu 12-go lutego 1896

Janina



O WYTYCZANIU ŁUKÓW

PRZY BUDOWLACH

lądowych i wodnych

(z tablicami)

PODAŁ

LUDWIK REGIEC

c. k. inżynier.

~~~~~  
Przedruk zastrzega się.  
~~~~~

KRAKÓW.

Nakładem Autora. — Czcionkami drukarni A. Słomskiego i Sp.

1895.



I 30212

Akc. Nr.

3070/51



tyczenie budowli wodnych regulacyjnych po-
dług danej trasy w liniach prostych i krzywych,
osobliwie na większych rzekach spławnych,
połączone jest ze znacznie większemi trudnościami, niż
wszelkie wytyczanie na lądzie, a mimo to w zwykłych
podręcznikach technicznych przedmiot ten nie jest na-
leżycie opracowanym, — bo zazwyczaj tylko podane
są sposoby tyczenia na lądzie bez opisanja zastosowa-
nia podanych metod do tyczenia na wodzie.

Aby ułatwić wytyczenie budowli wodnych w krzy-
wiznach przy regulacji rzek przez państwowe organa
budownictwa dokonywanej, postanowiło wysokie c. k.
Namiestnictwo rozp. z 2-go grudnia 1893 r. l. 82430,
aby trasy regulacyjne, a tem samem i poszczególne
tamy leżały w liniach prostych i łukach kołowych.—
Rozporządzeniem tem zaprowadzono bardzo wielkie
uproszczenie w wytyczaniu, umożliwiono bowiem
wprowadzenie pewnych metod tyczenia łuków koło-
wych na wodzie, a usunięto krzywizny nie dające się
określić i ująć w pewne reguły, dogodne tylko do

kreślenia na planie szablonem a nieodpowiednie dla wytyczania.

Zajęty przy wykonywaniu budowli regulacyjnych na Wiśle, w Krakowskim okręgu budowniczym, celem ułatwienia postępowania przy wytyczaniu krzywizn wszelkiego rodzaju używanych budowli, tak fašzynowych jak i kamiennych, — a więc tam równoległych, opasek, zamknięć, tam seperacyjnych, — zastosowywałem do tego pewne w ten sposób zmodyfikowane metody tyczenia łuków, aby ile możności ominąć mozolne mierzenia po wodzie, a budowę wykonać dokładnie w podanej na planie trasie. Wszędzie przekonałem się, że te metody są praktyczne, prowadzą szybko do celu, a co najważniejsza, dają rezultaty o dokładności zupełnie wystarczającej.

Zachęcony przez Jaśnie Wielmożnego Pana Macieja Moraczewskiego, c. k. starszego radcę budownictwa i przez Kolegów do opisania tych sposobów wytyczania budowli wodnych, przedstawiam pracę niniejszą do oceny przede wszystkim Kolegów zawodu, mając nadzieję, że podane w niej wskazówki będą w praktyce zastosowane i ułatwią wykonywanie budowli w żądanych trasach regulacyjnych.

O wytyczaniu w ogóle i o planach budowy.

Aby wytyczenie w jakikolwiek sposób mogło być dobrze przeprowadzone, musi się wymagać, żeby plan sytuacyjny zawierał sieć punktów stałych wzdłuż brze-

gów z wszelką dokładnością i trwale oznaczonych i zdjętych.

Inżynier mający wytyczyć budowę, powinien najpierw sprawdzić, czy dane stałe punkta na planie i na polu są z sobą zgodne, a jeżeli takich punktów nie ma, a ma się pod ręką tylko plan z parcelami na podstawie odcisków katastralnych sporządzony, winien inżynier wytyczyć wzdłuż brzegów projektowanej budowy polygon (fig. Nr. 1), składający się z długich ile możliwości prostych linii i przenieść go z całą ścisłością na plan tak, aby osobliwie położenie boków tego polygonu względem siebie tak co do kierunków (kątown) jak i długości było zupełnie zgodne z naturą.

Że każdy wytyczaniem zajęty inżynier winien mieć zawsze do dyspozycyi dobry instrument uniwersalny (tachymeter), zawsze należycie zrektyfikowany, to się samo przez się rozumie.

Za pomocą rzezonego polygonu łatwo oznacza się położenie prostej części trasy, bądź to na brzegach bezpośrednio, bądź też za pomocą prostopadłych dwoma lub więcej punktami tak, że wykonanie tam w tej prostej trasie przypadających, nie napotyka na żadne trudności.

Tamy poprzeczne, czyli ostrogi, (na fig. 1 Nr. 1—5) wykonuje się dzisiaj powszechnie w kierunku do trasy prostopadłym. — Aby więc takie tamy wytyczyć, trzeba na planie linie, oznaczające ich położenie w kierunku do trasy prostopadłym aż do przecięcia się z liniami

danego na obydwóch brzegach polygonu przedłużyć, a punkta przecięcia przeniesione na teren oznaczają położenie tam prostopadłych, trasa zaś prosta wyznacza ich długość, względnie położenie równoległej tamy.

W zakrętach koryta rzeki, zazwyczaj pod brzegiem wklęsłym buduje się tamy równoległe lub opaski, a tamy prostopadłe przy brzegach wypukłych. Długość tych ostatnich n. p. część prostopadłą (lit. d na fig. 1) wyznacza się najprościej, odmierzając tachymetrem szerokość trasy od tamy równoległej w kierunku do trasy prostopadłym, co ze względu na zabudowanie z reguły najpierw wklęsłego brzegu zawsze prawie skutecznie można.

Wreszcie zwrócić muszę uwagę, aby szablony lukowe, do rysowania na planach, były należycie do podziałki planu dostosowane, linie tras w ogóle dokładnie na plany cienko tuszem lub karminem, a nigdy grubo cynobrem nanoszone, wreszcie, aby promienie punktu zetknięcia łuków obok siebie leżących leżały dokładnie w jednej linii, czyli miały wspólną styczną. — Niedokładne bowiem narysowanie trasy, mimo najlepszej chęci prowadzącego budowę, może spowodować błędne wytyczenie.

Co do podziałki szablonów n. p. nadmienić muszę, że już z tego powodu, iż nasze plany, sporządzone na podstawie mokrych odcisków katastralnych, mają podziałkę faktycznie nieco mniejszą, niż 1:2880, a szablony sprowadzone są sporządzone w prawdziwej tej podziałce katastralnej, — powstają przy wytyczeniu

małe różnice położenia trasy. — Używając więc tych szablonów, trzeba to mieć na baczności przy wytyczaniu, aby przez niewyrównanie mniejszych błędów nie dojść do większych, nie dających się tak łatwo usunąć. — Wobec tego najodpowiedniej kreślić na planie trasy łukowe cyrklem przy użyciu podziałki planu, względnie zdjęcia.

Używane metody tyczenia łuków na lądzie.

Zanim przyjdę do właściwego przedmiotu, przytoczę tu w krótkości niektóre z używanych sposobów tyczenia łuków kołowych na lądzie, aby praca niniejsza tworzyła pewną całość i aby mogła być używaną jako podręcznik także do tyczenia łuków na lądzie.

Jak wiadomo, trasę jakąkolwiek na lądzie nanosi się z planu na teren w ten sposób, że zapomocą stałych zdjętych punktów terenu wytycza się linie proste trasy, a więc polygon czyli wielobok, poczem mierzy się kąty wierzchołkowe tego polygonu, oblicza dla danych promieni długości stycznych, nanosi je na teren od punktów wierzchołkowych a ich końce są początkami i końcami łuków trasy, poczem wytycza się łuki.

Jeżeli wierzchołek **W** danego polygonu, czyli punkt przecięcia się stycznych łuku, leży bardzo daleko, lub w ogóle jest niedostępny, to rozkłada się kąt wierzchołkowy dowolną linią pomocniczą **A B** (na figurze Nr. 2) leżącą w dogodnym miejscu na terenie na dwie części i mierzy się obydwie otrzymane kąty α , β .

Potrzebne do tego obliczenia są:

$$\sphericalangle \varphi = 180 - w,$$

$$\sphericalangle \varphi = \alpha + \beta$$

$$S = r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

$$a = \frac{c \sin \alpha}{\sin \varphi}$$

$$b = \frac{c \sin \beta}{\sin \varphi}$$

$$x = S - a$$

$$x_1 = S - b$$

Oprócz punktów początku i końca łuku (punkty styczności) wytycza się zazwyczaj zaraz punkt środka łuku, służący do kontroli wytyczenia i to w ten sposób (fig. 3.), że albo się przepoławia instrumentem kąt wierzchołkowy w i na otrzymanej wizurze odmierza odstęp d wierzchołka W od środka łuku, albo też, gdy łuk jest długi, wyznacza się jego środek za pomocą pomocniczej stycznej, otrzymanej podług następującego rachunku:

$$s = r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}$$

$$d = s \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = S \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}$$

Czasem potrzebne są także następujące wartości:

$$\text{Połowa cięciwy } \frac{c}{2} = r \sin \frac{\varphi}{2}$$

a strzałka łuku

$$f = \frac{c}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} = 2 r \sin^2 \frac{\varphi}{4}, \left(\text{bo } \sin \frac{\varphi}{2} = 2 \sin \frac{\varphi}{4} \cos \frac{\varphi}{4} \right).$$

Także dla wyznaczenia wartości na **d** i **f** są następujące formuły:

$$d = \frac{r}{\cos \frac{\varphi}{2}} - r, \quad f = r \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right)$$

a długość łuku

$$L = \frac{\pi}{180^\circ} r \varphi^\circ = 0.01745 r \varphi^\circ.$$

We wszystkich podręcznikach do tyczenia łuków na łądzie podane są tabele do wyznaczenia powyżej podanych długości dla kąta co 1 lub 2 minuty, a że nadto przy wytyczeniu łuków na wodzie potrzeba ściśłego wytyczenia położenia początku i końca łuku, — jak to n. p. ma zawsze miejsce przy wytyczeniu łuku kolejowego, — zająć może tylko w wyjątkowych rzadkich wypadkach i wtedy można sobie potrzebne wartości z przytoczonych form lub z podanych dalej tabel obliczyć, w obec tego w dalszym ciągu tej kwestyi szczegółowiej nie opisuję.

a) Metoda rzędnych od stycznej

polega na tem, że na stycznej **A B** (fig. Nr. 4.) w początku łuku nanosi się od punktu styczności odcinki $x_n = r \sin 2 n \alpha$, a na prostopadłych w końcach tych odcinków rzędne $y_n = r (1 - \cos 2 n \alpha)$. — Jeżeli promień łuku jest wielki, a wytyczyć się mająca długość łuku stosunkowo mała, to rzędne można wyznaczyć jak następuje:

$$\text{Z formuły } (r-y)^2 + x^2 = r^2, \quad y = r - \sqrt{\left(1 - \frac{x^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

a po rozwinięciu drugiej części wzorem binomialnym

$$y = \frac{x^2}{2r} + \frac{x^4}{8r^3} + \frac{x^6}{16r^5} + \dots; \text{ lub w przybliżeniu}$$

$$y = \frac{x^2}{2r} + \frac{y^2}{2r}, \text{ albo nawet } y = \frac{x^2}{2r}$$

Przyjąwszy odcinki $x_1 = x$, $x_2 = 2x$, $x_3 = 3x$,
to $y_1 = \frac{x^2}{2r}$, $y_2 = \frac{4x^2}{2r} = 4y_1$, $y_3 = 9y_1$, $y_4 = 16y_1 \dots$

W ten sposób bez tabel można tyczyć łuk w przybliżeniu.

Aby wiedzieć, z jakim błędem w ten sposób się wytycza, należy zauważyć, że przy błędzie około $0,5m$ musi być $x^4 < 4r^3$.

Dla tej metody rzędnych od stycznej podane są tabele różnych autorów; między nimi Hanhart i Waldner, Hecht, Knoll, Kröhnke, Sarrazin i Oberbeck.

b) Metoda rzędnych od cięciw

używana wtedy, jeżeli styczna jest niedostępna do użycia, a dana jest cięciwa (fig. Nr. 5).

Wysokość łuku w środku cięciwy: $h = \frac{c}{2} \operatorname{tg} \frac{n}{2} \alpha =$
 $= r(1 - \cos n\alpha) = 2r \sin^2 \frac{n}{2} \alpha$, a rzędna w odstępach v

od środka cięciwy: $w = h - \frac{v^2}{2r}$ (w przybliżeniu).

Jeżeli cięciwa c w stosunku do promienia r jest mała, to podobnie, jak wyżej można przyjąć:

$$h = \frac{1}{8} \frac{c^2}{r} \text{ a rzędna w odstępach } \frac{c}{4}: w = \frac{3}{32} \cdot \frac{c^2}{r}$$

Wytyczając instrumentem z końca cięciwy linię do tejże pod kątem $180 - 2\alpha$ i odcinając na niej długość c , otrzymuje się drugą cięciwę, a nanosząc na prostopadłych w połowie i w czwartej części tejże znów długości $\frac{1}{8} \cdot \frac{c^2}{r}$ i $\frac{3}{32} \cdot \frac{c^2}{r}$, otrzymuje się znów pośrednie punkta łuku i t. d.

c) **Metoda siecznych, zwana angielską (przybliżoną)**
(fig. Nr. 6).

Przyjmuje się odcinek $x = l$ na stycznej **A B**, rzędną $y = \frac{x^2}{2r} = \frac{l^2}{2r}$, wyznacza się punkt 1. łuku, następnie linię **A I**. przedłuża się tak, że $\overline{A I} = \overline{I 2'}$ ramieniem $\overline{I 2'}$ zatacza się łuczek długością $2y$, a otrzymany punkt 2 jest punktem łuku i t. d.

d) **Metoda stycznych Höhra.**

Od dwóch przyjętych odcinków $x_1 = x$, $x_2 = 2x$ na stycznej **A B** (fig. Nr. 7), w stosunku do promienia małych, n. p. 10 lub 20 m , wynoszą rzędne $y_1 = \frac{x^2}{2r}$, $y_2 = 4y_1$, otrzymują punkta łuku 1, 2; linię przechodzącą przez koniec odcinka x i punkt łuku 2 przedłużam, na niej nanoszę znów odcinki x , $2x$, a na prostopadłych w ich końcach rzędne y_1 , $4y_1$ i otrzymują punkta łuku 3 i 4 i t. d.

Dokładniejszy sposób podług tej metody jest następujący:

Jak z figury (Nr. 8) widoczna, dla dowolnie obra-
nej długości l (n. p. 10 lub 20 m) kąt środkowy $\alpha =$
arc. $\text{tg } \frac{l}{r}$, czyli ze względu, że kąt ten jest bardzo
mały $\alpha'' = 206265 \frac{l}{r}$, $\left(206265 = \frac{180^\circ \times 360''}{\pi}\right)$, od-
cinek zaś $x = 2 r \sin \alpha \cdot \cos \alpha$, a że z tego samego po-
wodu $\cos \alpha = 1$, a $\sin \alpha = \text{tg } \alpha$, więc $x = 2 r \sin \alpha$,
a rzędna punktu A_1 : $y = 2 r \sin^2 \alpha$. —

Jeżeli za pomocą w ten sposób obliczonego odcinka
i rzędnej wyznaczmy punkt łuku A_1 , to połączenie
tegoż z końcowym punktem B przyjętej długości l , na
stycznej naniesionej, wyznacza następną styczną.

Dla bardzo małego kąta α można w przybliżeniu
przyjąć, że $\sin \alpha = \frac{l}{r}$ ($l = 20$ lub 10 m), a wtedy jak
wyżej podano $x = 2 l$, $y_2 = \frac{2 l^2}{r}$, a rzędna z pun-
ktu B: $y_1 = \frac{y_2}{4}$.

e) Metoda promieniowania.

Dla przyjętej długości łuku l (fig. Nr. 9) dostate-
cznie małej, aby ją za prostą uważać można, oblicza
się kąt obwodowy $\alpha'' = 206265 \frac{l}{r}$ i następne 2α ,
 3α , ... $n \alpha$, a za pomocą instrumentu, w początku
łuku ustawionego, oznaczając promienie (wizury) dla
tych kątów w porządku następstwa i przecinając je
stałą długością l , otrzymuje się punkta łuku 1, 2, 3,
.... n. Jest to najszybsza i najdokładniejsza metoda

tyczenia łuków na lądzie, zważać tylko należy, że kąt między pewną n^{ta} wizurą, a odnośną częścią łuku I nie może być zbyt wielki, wtedy bowiem przecięcie się ich wzajemne staje się coraz skośniejsze a tém samym wyznaczenie punktu łuku coraz mniej dokładne.

Najlepiej więc tą metodą wytyczać łuk dany ze środka jego długości.

f) Metoda przybliżona pana Fargue

zastosowana do wytyczania budowli wodnych (a podana w przykładzie p. Honsell w czasopiśmie »Allgemeine Bauzeitung« z r. 1871) podaje sposób wyznaczenia pośrednich punktów łuku między wytyczonymi już w inny sposób w pewnych większych odstępach punktami, a polega na następującej zasadzie:

Niech przedstawiony łuk (fig. Nr. 10) będzie parabolą, której osią jest linia T P, styczną w punkcie danym A_3 linia $A_3 T$. Jeżeli wykreślimy sieczną przez punkt A_3 i przez dowolnie przyjęty punkt B tej paraboli do przecięcia się z osią w punkcie C, a z punktów A_3 i B wykreślimy prostopadłe do osi (rzędne) A_3P i BE, będące połową cięciw, to: $A_2T : A_2C = A_3P : BE$. Oznaczając dla krótkości $A_2P = A_2T = f$, t. j. strzałka i kontrstrzałka paraboli, zaś

$$A_3P = Y, BE = y, \text{ to: } A_2C = f \cdot \frac{y}{Y}.$$

Ta formuła wyraża, że sieczna dwóch punktów łuku paraboli dzieli kontrstrzałkę w odstępy proporcjonalne rzędnym tych punktów.

Przy łukach o wielkim promieniu rzędna Y , czyli połowa cięciwy jest bardzo wielka w porównaniu do strzałki f i nie popelnia się wielkiego błędu, jeżeli za tę rzędną przyjmiemy długość łuku paraboli.

Pomyślmy więc sobie na paraboli punkta n. p. 1, 2, 3, leżące w równych od siebie odstępach, to punkta przecięcia ich siecznych z kontrstrzałką będą również leżeć w równych od siebie odstępach. Z tego wynika sposób wytyczenia tych punktów 1, 2, 3, a mianowicie: na terenie muszą być dane i dostępne punkta A_1 , A_2 , A_3 , w równych od siebie odstępach. Stając przy tyczce A_3 i wizując na tyczkę A_1 , pomocnik stojący w A_2 trzyma tyczkę poziomo w możliwie prostopadłym kierunku do wizury A_3A_1 i tak daleko ją wysuwa, aż jej koniec padnie w tę wizurę, t. j. w punkt P . Następnie mierzy się długość tej tyczki, oznaczającej strzałkę $A_2P = f$, dzieli ją kreskami na tyle równych sobie części więcej jeden, ile ma być wyznaczonych pośrednich punktów w części łuku A_3A_2 , a względnie A_1A_2 n. p. na 4y części, poczem tyczkę tę przymocuje się poziomo jako kontrstrzałkę na tyczce osadzonej pionowo w punkcie A_2 . Wizuje się teraz z A_3 a względnie z A_1 na pion, zawieszony w pierwszej kresce działowej od końca wolnego wystawionej poziomo tyczki licząc, a więc na 1', a pierwszy punkt łuku leży w tej wizurze. Również drugi punkt łuku leży w linii oznaczonej tyczką kierunkową w A_3 , względnie w A_1 i drugą kreską podziałową 2¹ i tak dalej postępuje się z wyznacze-

niem kierunków położenia następnych punktów łuku względem siebie, że się zawsze zawizuje kierunkową tyczkę w A_3 względnie w A_1 z odnośnym punktem podziałowym kontrstrzałki.

III. Zastosowanie przytoczonych metod do wytyczania budowli wodnych w łukach.

Z opisanych powyżej metod tyczenia łuków tak, jak są podawane w podręcznikach, niektóre wcale się nie nadają do tyczenia łuków budowli wodnych, albo są do tego celu za uciążliwe, inne zaś odpowiednio zmodyfikowane, mogą być zastosowane, aczkolwiek tylko w pewnych warunkach i pod względem praktycznym nie zupełnie są odpowiednie.

a) Metodą rzędnych od stycznej wyznaczenie rzędnych łuku tam, nieco dalej na wodę od brzegu rzeki wysuniętych, jest czynnością bardzo mozolną i trudną do wykonania z należytą dokładnością, nie mając zwłaszcza, jak to zwykle bywa, odpowiednich przyrządów do ustawienia łodzi na prądzie rzeki w żądanym miejscu.

Jedynie więc do tyczenia opasek kamiennych można tę metodę zastosować, aczkolwiek i tu ciągle mierzenie odcinków i rzędnych częstokroć przez wikła, moczary i t. p., jest bardzo mozolne i powoli postępuje.

Już do opasek faszynowych użyć jej nie można tak, aby znaczną część łuku opaski na pewien czas trwania budowy wytyczyć, bo nie można trwale osa-

dzić tyczek trasy, padających w wodę w miejscach, gdzie są wyrwy brzegu.

b) To samo dotyczy metody rzędnych od cięciw, którą polecam jednak z konieczności w jednym tylko i rzadko w praktyce zdarzającym się wypadku wytyczania w rozdziale VIII opisanym i to z pewną modyfikacją.

c) Metoda siecznych, czyli angielska, może być zastosowaną tylko do wytyczania nie zbyt długich łuków tam faszynowych i to w miarę postępu budowy tak, że podług niej tycząc, musi być dozorca roboty z nią należycie obeznany, aby tenże w razie choćby i krótkiej nieobecności kierującego inżyniera przy budowie, wybudowawszy wytyczoną mu małą część długości tamy, mógł kierunek następnego elementu łuku wyznaczyć. Z tego właśnie względu, że tyczenie tą metodą jak i następną pod lit. d) musi się czasem dozorca powierzać, nie zawsze użycie jej jest wskazanem.

Postępowanie tyczenia musi być jednak nieco odmienne, niż podają podręczniki, a mianowicie odwrotne i tak:

Pierwszy element tamy w łuku o przyjętej długości $l = 10, 20, \text{ lub } 30 m$ (fig. Nr. 11) — zależnie od długości promienia — wykonuję, wyznaczwszy jego położenie rzędną $y = \frac{l^2}{2r}$ od stycznej AB.

Następnie w punkcie A, leżącym na krawędzi koryony tamy od rzeki wynosząc długość $2y$ do A' w ten

sposób, że końce taśmy (lub linki) o długości $(l+2y)$ trzymają dwaj pomocnicy przy tyczkach w A i 1, a trzeci trzymając tyczkę przy końcu długości l na taśmie, napręża taśmę tak, że utworzą się z niej dwa ramiona l i $2y$, przecinające się w punkcie A^1 , w którym wbija tę trzecią tyczkę pionowo w tamę.

Wizując przez tyczki A^1 i 1, oznaczam tyczkę na brzegu jako kierunek budowy drugiego elementu łuku tamy od punktu 1. do 2. Po wykonaniu budowy tego drugiego elementu tamy do punktu 2. o długości l osadzam w nim tyczkę dokładnie pionowo i w wyznaczonym kierunku, poczem znów wyciągam długość taśmy $(l + 2y)$ w ramiona l i $2y$ między tyczkami 1 i 2, a otrzymuję punkt i tyczkę 1^1 , która z tyczką 2 wyznacza kierunek elementu od 2—3 i t. d. tyczę trasę t. j. zewnętrzną krawędź korony tamy od strony koryta rzeki, abym miał miejsce na tamie do wbijania tyczek w punktach 1^1 , 2^1 , 3^1 i t. d.

Ponieważ obydwie tyczki, wyznaczające kierunek budowy, tkwią w świeżej tamie i łatwo skrócić się mogą, a osobliwie tyczka tylna w punktach 1^1 , 2^1 , 3^1 , koło której przechodzą robotnicy z materiałami, oraz z uwagi, że sama zasada tyczenia polega na formule przybliżonej, nie należy podług tej metody tyczyć zbyt długich łuków bez kontroli punktów w pewnych odstępach na tamie podług innych metod, do czego osobliwie nadaje się metoda promieniowania instrumentem, lub rzędną od stycznej.

d) Metoda stycznych (Höhra) tak, jak ją

podają podręczniki, jest jeszcze mniej dokładną, niż metoda siecznych, bowiem na podstawie krótkiej stycznej n. p. $BA_1=1$ (fig. Nr. 8), wyznacza się kierunek dwa razy dłuższej stycznej A_1C dla dalszego ciągu łuku.

Zastosowanie jej jest możliwe także tylko do wytyczania łuków tam faszynowych i to w podobny sposób zmodyfikowany, jak metody siecznych i to jak następuje: (fig. Nr. 12):

Długość elementu l przyjmuję taką, aby rzędna $y = \frac{l^2}{2r}$ nie wypadła większa, jak około 0.20 do 0.5 m , przyczem cyfrę mniejszą trzeba brać dla większych promieni, większą dla mniejszych, długość zaś l w okrągłej cyfrze, jak ją n. p. podają załączone tablele.

Po wytyczeniu stycznej AB wykonuje się element tamy w kierunku tej stycznej o długości l do punktu 1, następnie dwaj robotnicy trzymają końce taśmy (lub linki) o długości $(l+4y)$ przy tyczkach w punkcie A i 1 na tamie, a trzeci trzymając tyczkę przy końcu długości l na taśmie, napręża taśmę tak, że tworzą się dwa ramiona o długości l i $4y$, przecinające się w punkcie A^1 na taśmie, w którym wbija się tyczkę pionowo, poczem, wizując przez tyczki A^1 i 1, oznaczam na brzegu kierunek budowy dla długości $2l$ elementu tamy od punktu 1. do punktu 2.

Po wybudowaniu znów tej części tamy od 1—2, powtarzam tę samą czynność, jak wyżej, z punktów a i 2, przyczem punkt a , mający znaczenie poprze-

dniego punktu A, leży na linii $\overline{1-2}$ w połowie jej długości — i tak dalej postępując, wyznaczam położenie elementu $\overline{2-3}$ i t. d.

Jeżeli nie rozchodzi się o większą dokładność, jak n. p. wtedy, gdy ma być wytyczony łuk o wielkim promieniu i stosunkowo krótki, to właśnie ta wyżej wspomniana ujemna strona tej metody pod względem dokładności jest dogodną, bo z wykonanego elementu łuku tamy l wyznacza się element dwa razy dłuższy $2l$, wystarczający na dłuższy czas budowy.

Dokładniejszy, aczkolwiek również przybliżony sposób tyczenia tą metodą stycznych jest następujący: (fig. Nr. 13):

Z punktu początkowego łuku A w kierunku stycznej A.B wykonuję element tamy o długości $\frac{1}{2}$ jak wyżej do punktu 1, następnie za pomocą taśmy (lub linki) o długości $(\frac{1}{2} + y)$, gdzie $y = \frac{l^2}{2r}$, wyznaczam, jak opisałem, punkt A^1 , w kierunku A^1-1 buduję tamę od punktu 1 do 2 o długości l. — Teraz z punktów A i 2 długością linki $(1.5l + 4y)$ wyznaczam w powyższy sposób punkt A'' , w kierunku tyczek na tamie w punktach A'' i 2 buduję długość tamy od 2 do 3, poczem znów długością linki $(1.5l + 4y)$ z punktu a, leżącego w połowie linii $\overline{1-2}$ i z punktu 3 wyznaczam na tamie punkt a^1 . Znów w kierunku $a^1 3$ wyznaczęwszy na brzegu tyczkę, buduję część tamy od 3 do 4 o stałej długości l. i t. d. postępując, wy-

konam tamę w łuku żądanym, jako wielobok na kole opisany.

Ten sposób postępowania jest dokładniejszy, bo z długości $1.5 l$ wyznaczam długość l , — a więc z dłuższej linii wyznaczam krótszą.

Przy sposobie wytyczania podług fig. Nr. 12 należy punkt a , mający rzędną $\frac{2 l^2}{r}$, a przy sposobie podług fig. 13, punkta a i b , których rzędne są $\frac{l^2}{2 r}$ i $\frac{2 l^2}{r}$, sprawdzić tyczeniem od stycznej $A B$. W każdym razie, jak z figur 12 i 13 widoczna, wytyczenie drugim sposobem dokonane, oprócz tego, że jest dokładniejsze, lepiej wygląda, bo są krótsze proste linie i mniejsze załamania.

e) Metoda promieniowania instrumentem jest nie wykonalna do tyczenia łuków na wodzie, bowiem przy budowie tam faszynowych nie można zwykle wbijać trwale tyczek w koryto rzeki, oznaczających trasę, a przy budowie tam kamiennych, aczkolwiek można tyczki trwale za pomocą kopców kamiennych w korycie osadzić, to znów nie można ustawić się bezpiecznie z instrumentem na świeżym narzucie kamiennym, zazwyczaj o małej jednometrowej szerokości wykonywanym.

Wytyczanie metodą promieniowania tam kamiennych bez instrumentu, opisane jest w rozdziale VI.

f) Metoda przybliżenia p. Fargue podług opisu p. Honsell w Allgemeine Bauzeitung z r. 1871

podaje tylko kierunki, na których leżą w równych sobie odstępach l punkta łuku t. j. tak, jak metoda promieniowania.

Zastosowanie jej więc do wytyczenia łuków tam kamiennych uzupełniam następującymi objaśnieniami (fig. Nr. 14):

Na przedłużeniu kierunków wizur $\overline{A_3 1^1}$, $\overline{A_3 2^1}$, $\overline{A_3 3^1}$ i t. d. wbijam kolki i tyczki na brzegu i podług tych kierunków wykonuje się część tamy kamiennej od A_3 do A_2 , i tak samo od A_2 do A_1 za pomocą kierunków $\overline{A_1 1^1}$, $\overline{A_1 2^1}$, $\overline{A_1 3^1}$ i t. d., postępując przytem w sposób opisany w rozdziale VI, tylko że tutaj długość l jest n -tą częścią np. $\frac{1}{8}$ cięciwy $A_3 A_1$, lub łuku. Albo też można te punkta łuku w ten sposób oznaczyć: Na pierwszej żerdce w A_2 osadzam poziomą tyczkę w formie krzyża, której jedno ramię oznacza długość $A_2 T$ z kreskami $1^1, 2^1, 3^1 \dots$ a drugie tę samą długość, tylko w kierunku $A_2 P$ z kreskami $1'', 2'', 3'' \dots$ (fig. Nr. 14). Wizury przez A_3 i pion $1'', 2'', 3'' \dots$ oraz przez A_1 i pion $1', 2', 3' \dots$ oznaczają wprost punkta łuku $1, 2, 3, \dots$ na części $A_2 A_1$, a tak samo wizury przez A_1 i pion w $1'', 2'', 3''$ — oraz przez A_3 i pion w $1', 2', 3' \dots$ oznaczają wprost punkta łuku $1, 2, 3$ — na części łuku $A_3 A_2$.

Do tyczenia tam faszynowych ta metoda się nie nadaje, bo tamiarz musi mieć zawsze z końca budowy dany kierunek, w którym buduje dalszy ciąg tamy. Chcąc więc te kierunki oznaczyć, musiałoby się

wbijać tyczki w koryto rzeki w punktach łuku 1, 2, 3, co jest mozolnem, a w obec innych metod zupełnie zbędnem.

Metoda ta wymaga poprzedniego wytyczenia punktów łuku A_1 A_2 A_3 , co przy budowie tam, dalej na wodę w korycie rzeki wysuniętych, jest dosyć trudnem do wykonania.

Jak widzimy wszystkie powyżej opisane metody tyczenia łuków na wodzie albo są trudne do wykonania, albo wymagają ciągłych pomiarów w toku roboty tego rodzaju, że inżynier nie mając przy robocie należycie uzdolnionego dozorca, pojmującego ważność ścisłego postępowania przy tyczeniu, musi sam ciągle być przy budowie, lub bardzo często do niej przybywać. Aby tę niedogodność usunąć i tyczenie w toku roboty sprowadzić do takiego minimum, żeby dozorca wykonywał tylko równe sobie części tamy o danej mu długości na dane na lądzie kierunki, podaję inne dwa zasadnicze sposoby tyczenia w łukach budowli wodnych, — jeden dla tam faszynowych, a drugi dla kamiennych, — które mojem zdaniem są najprostsze i jako takie pozwalam sobie polecić je do zastosowania.

IV.

Formuły i tabele do wytyczania tam w łukach kołowych.

Do wytyczania tam w łukach kołowych w ten sposób, aby cały łuk był wytyczony, a względnie położenie jego oznaczone za pomocą punktów na lądzie

już przed wykonaniem budowy, posłużą podane tabele, które polegają na następujących wywodach geometrycznych.

a) Do łuku o danym promieniu r (fig. Nr. 15) wykreślam styczną, w danym punkcie A , a do tej stycznej w punkcie B , leżącym w przyjętym odstępnie D od punktu A , wykreślam prostopadłą BC , którą nazywać będę linią kierunkową. Na łuku od punktu A przyjmuję równe sobie części l o takiej długości, że dla żądanego celu części te uważam za proste elementy łuku i w środku każdego elementu l kreślę styczną do łuku, przecinającą się z pierwszą styczną AB i z kierunkową BC , tworząc w ten sposób odcinki na stycznej a_1, a_2, a_3, a_n , a na kierunkowej $Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n$. Oznaczając przez 2α kąt środkowy elementu łuku l , to z figury Nr. 15 wynika, że:

$$1) l : 2\alpha^0 = 2r\pi : 360, \text{ czyli } \alpha^0 = 28.6478897 \frac{l}{r}$$

albo oznaczając

$$2) l = m \cdot r, \text{ to } \alpha^0 = 28.64789 m.$$

Kąt ostry między dwiema bezpośrednio po sobie następującymi stycznymi w środkach elementów łuku jest 2α , kąty ostre zaś między styczną AB a pierwszą, drugą, trzecią... n -tą styczną w środkach elementów łuku są $\alpha, 3\alpha, 5\alpha \dots (2n - 1)\alpha$, a wreszcie kąty środkowe odpowiadające odcinkom $a_1, a_2, \dots a_n$ są:

$$\frac{\alpha}{2}, \frac{3\alpha}{2}, \dots \frac{2n - 1}{2} \alpha$$

Z powyższego wynika, że wartości na odcinki Y_1

$Y_2, Y_3, Y_4 \dots Y_n$ na kierunkowej BC i $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ na AB są następujące:

$$a_1 = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$a_2 = r \operatorname{tg} \frac{3\alpha}{2}$$

$$3) a_n = r \operatorname{tg} \frac{2n-1}{2} \alpha$$

$$Y_1 = (D - a_1) \operatorname{tg} \alpha$$

$$Y_2 = (D - a_2) \operatorname{tg} 3\alpha$$

$$Y_n = (D - a_n) \operatorname{tg} (2n-1)\alpha,$$

czyli

$$Y_1 = D \operatorname{tg} \alpha - r \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$Y_2 = D \operatorname{tg} 3\alpha - r \operatorname{tg} 3\alpha \operatorname{tg} \frac{3\alpha}{2}$$

$$4) Y_n = D \operatorname{tg} (2n-1)\alpha - r \operatorname{tg} (2n-1)\alpha \operatorname{tg} \frac{2n-1}{2} \alpha.$$

Szereg stycznych do elementów łuku tworzy wielobok opisany na kole, a odstęp punktu przecięcia się dwu sąsiednich stycznych od obwodu koła w kierunku promienia wynosi $b = r (\sec \alpha - 1)$ tj. np. dla $\frac{1}{r} = 0.04$, $b = 0.0008 r$, a dla $\frac{1}{r} = 0.02$, $b = 0.0002 r$.

Jeżeli więc, jak wyżej powiedziano, długość łuku l w stosunku do długości promienia przyjmie się dostatecznie małą, to ten wielobok na kole opisany uważać można za koło.

b) Do łuku o danym promieniu (fig. Nr. 16) wykreślam, podobnie jak pod a), styczną AB , do tej

prostopadłą t. j. kierunkową BC w odstępie D , następnie przez punkt styczności A i końcowe punkta poszczególnych a sobie równych i prostych elementów łuku l , tworzących wielobok wpisany w koło, kreślę cięciwy do przecięcia się z kierunkową BC w punktach $1, 2, 3, 4 \dots n$, leżących w odstępach $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 \dots Y_n$ od punktu B .

Wartości na te odcinki Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 są:

$$Y_1 = D \operatorname{tg} \alpha$$

$$Y_2 = D \operatorname{tg} 2 \alpha$$

$$Y_3 = D \operatorname{tg} 3 \alpha$$

$$5) Y_n = D \operatorname{tg} n \alpha$$

Długość elementu łuku $l = m. r$, a kąt $\alpha = 28.64789$ m.

c) Niech na fig. Nr. 17 łuk $A-n$ składa się z n krótkich, za proste uważanych i równych sobie elementów l i niech będzie 2α kątem środkowym jednego elementu, to z fig. widoczna, że:

6) odcinek na stycznej dla końca n tego elementu łuku $x_n = r \sin 2n \alpha$.

7) rzędna odpowiadająca temu odcinkowi

$$y_n = r (1 - \cos 2n \alpha).$$

8) prostopadła do stycznej AB odległość od punktu styczności A do punktu S , leżącego na stycznej w końcowym punkcie n tego elementu łuku $AS = r(\sec 2n \alpha - 1)$.

9) cięciwa łuku między punktem styczności, a końcem n tego elementu łuku $C_n = 2r \frac{\sin n \alpha}{2}$, t. j. równa

się podwójnemu odcinkowi na stycznej dla końcowego punktu $\frac{n}{2}$ tego elementu łuku.

10) odległość od punktu początkowego A do punktu przecięcia się stycznej w n-tym punkcie łuku ze styczną A B wynosi $A E = r \operatorname{tg} n \alpha$.

Na podstawie pod 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8 podanych wzorów zestawione są tabele w sposób następujący:

Dla różnych wielkości promieni łuków przyjmując 4 stosunki długości elementu łuku do promienia, a mianowicie:

dla promieni do 500 m, . . . m = $\frac{1}{r} = 0.04$

» » 500 do 1000 . » » = 0.03

» » 1000 do 2000 . » » = 0.02

» » nad 2000 . » » = 0.015

i według tego zestawione są 4 tabele o 9 kolumnach.

Wszystkie wartości w tych tabelach obliczone są dla promienia 100 i dla długości stycznej w punkcie początkowym łuku do punktu przecięcia się z nią kierunkowej B C także 100.

Kolumna 1 oznacza liczby porządkowe elementów łuku tj. n; 2-ga wartość z formuły 1-szej na $n l = n \cdot m \cdot r$ tj. długości łuku; 3-cia wartości na D. tg

$(2n - 1) \alpha$, a 4^a na $(\pm) r \operatorname{tg} (2n - 1) \alpha \operatorname{tg} \frac{2n - 1}{2} \alpha$

z formuły 3 i 4 tak, że różnice wartości z kolumny 3-ciej i 4-tej są długościami odcinków na kierunkowej w odstępie D, powstałymi z przecięcia się z nią prze-

dłużeń poszczególnych boków wieloboku, opisanego na kole, czyli elementów łuku.

Kolumna 5-ta podaje wartości $D \operatorname{tg} \alpha$ z formuły 5-tej tj. długości odcinków na kierunkowej, powstałych z przecięcia się z nią cięciw między początkiem łuku, a końcami poszczególnych elementów łuku.

Kolumna 6-ta i 7-ma podają wartości z formuły 6-tej i 7-mej t. j. znane odcinki i rzędne od stycznej, podawane w podręcznikach do tyczenia łuków.

Kolumna 8-ma zawiera wartości z formuły 8-mej, które podobnie jak i wartości z formuły 10-tej, zawarte w kolumnie 5-tej, określają położenie stycznej do łuku na końcu n-tego elementu.

Wreszcie wartości z formuły 9-tej mieszczą się w kolumnie 6-tej w ten sposób, że którakolwiek n-ta cyfra z tej kolumny mnożona przez 2, oznacza długość cięciwy od początku łuku do końca 2 n-tego elementu łuku.

Aby za pomocą tych tabel otrzymać wartości z formuł 2—9 dla danego promienia r i danej długości stycznej D , potrzeba cyfry z kolumny 2, 4, 6, 7, 8 mnożyć przez $\frac{r}{100}$, a z kolumny 3 i 5 przez $\frac{D}{100}$, zaś dla wartości z formuły 10 należy pomnożyć odnośną cyfrę z kolumny 5 przez $\frac{r}{100}$.

Nadto kolumna 9 podaje kąty obwodowe łuku, służące do tyczenia instrumentem metodą promieniowania i do kontroli dokonanego już wytyczenia podług innej metody.

Jeżeli długość łuku wynosi (fig. 17) $n l + d$, lub $n l - (l - d)$, gdzie $d < l$, to którąkolwiek z podanych we wzorach wartości wyznacza się z wystarczającą dokładnością sposobem interpolacji z sąsiednich wartości dla łuku o długości $(n + 1) l$ i $n l$, a względnie $n l$ i $(n - 1) l$.

Oznaczając np. te sąsiednie wartości przez a i b , $a > b$, to żądana $z = a - (a - b) \frac{l - d}{l} = b + (a - b) \frac{d}{l}$.

Kąt środkowy dla długości łuku $(n l \pm d)$ jest $2 n \alpha \pm \frac{d}{l} 2 \alpha$.

Do wynajdywania drogą interpolacji wartości podanych we wzorach, należy używać tabeli III lub IV, a wtedy dokładność rezultatów jest taką, że np. dla $n = 60$, $2 n \alpha = 64^\circ$, $n \alpha = 32^\circ$ przy wyznaczeniu punktu pośredniego, środkowego między dwoma danymi, popelnia się następujące maksymalne błędy:

1. Dla wartości $\frac{D}{100} \operatorname{tg} n \alpha$ jest błąd $\pm 0.307\%$

2. » » $\frac{r}{100} \sin 2 n \alpha$ » » $- 0.435\%$

3. » » $\frac{r}{100} (1 - \cos 2 n \alpha)$ » » $+ 0.353\%$

4. » » $\frac{r}{100} (\sec 2 n \alpha - 1)$ » » $+ 0.706\%$

tj. od 1, 3, 4 otrzymuje się o podane $\%$ wartości za wielkie, a od 2 odwrotnie.

V.

Wytyczanie w łukach metodą stycznych podług tabel tam faszynowych równoległych.

Mając wytyczyć tamę podług planu sytuacyjnego w łuku o danym promieniu, wykreślam z wszelką ścisłością styczną do łuku w punkcie początkowym a' względnie w punkcie rozpoczęcia budowy w danym łuku. Jeżeli łuk na planie nakreślony jest cyrklem, to mając na planie środek koła, można z całą dokładnością nakreślić prostopadłą do promienia w danym punkcie łuku, która jest styczną.

Dla łuków o większych promieniach, gdzie więc nie ma na rysunku środka koła, styczną wykreślam w ten sposób:

Z kolumny drugiej, odnośnej tabeli przyjmuję dostatecznie wielką długość łuku n , o ile możności taką, jaka ma być wytyczona. Długość cięciwy tego łuku $C = 2 \times \frac{n}{2}$, wyznaczonej z kolumny 6 w sposób podany pod IV, odcinam na łuku w planie, z otrzymanego punktu n (fig. 17) zakreślam łuk rzędną y_n z kolumny 7, a z początku łuku A przecinam go odcinkiem x_n z kolumny 6. Otrzymany punkt jest drugim punktem stycznnej AB , a tem samem położenie tejże na planie jest oznaczone.

Następnie na planie przyjmuję punkt B (fig. 15) w takiej odległości D od punktu styczności, aby kierunkowa BC , w potrzebnej długości wykreślona, le-

żała na terenie przystępnym, ile możliwości wygodnym do pomiaru, otwartym, a w każdym razie nie na wodzie.

Daną w ten sposób na planie styczną $A B$ wytyczam na terenie.

Początek tej stycznej tj. punkt A oznaczony jest zwykle jako kolano (skręt) opaski lub tamy równoległej, której część prostopadłą co do kierunku i długości wytycza się za pomocą wspomnianych pod I stałych punktów terenu i wykonuje się ją przed wytyczeniem części równoległej.

W ten sposób punkt A jest więc oznaczony na planie i na terenie, gdzie jest także dostępny.

Wytyczanie drugiego punktu stycznej, a dla kontroli trzeciego, w razie wątpliwym i czwartego, jest również zwykłym zadaniem z praktycznej geometrii, podnieść to tylko należy, że do wytyczenia posługiwać się trzeba zawsze takimi punktami danymi na planie i na terenie, o których dokładności zdjęcia jest się przekonany, aby wytyczenie stycznej dokonane było z wszelką dokładnością, gdyż linia ta jest podstawą całego dalszego wytyczenia budowy. Mając położenie stycznej $A B$ na terenie oznaczone, wyznacza się następnie punkt B na stycznej albo za pomocą stałych punktów terenu, lub też przez bezpośrednie odmierzenie przyjętego odstępu D od punktu styczności, przyczem część długości przypadającą ewentualnie na wodzie wyznacza się najszybciej tachymetrem, a w braku tegoż linką drucianą.

W wyznaczonym punkcie B wytyczam kierunkową B C — (jeżeli ma być wyjątkowo długa instrumentem, a dla długości zazwyczaj potrzebnych wystarczy za pomocą węgielniczy, taśmy lub linki złożonej w trójkąt o ramieniach 3, 4, 5) — i na tej kierunkowej odciynam od punktu B wartości kolumny (3—4) mnożone przez $\frac{D}{100}$ i $\frac{r}{100}$.

Wyznaczenie z tabel wartości odcinków na kierunkowej leżącej w stosunkowo wielkim odstępie poniżej początku budowy upraszcza się w sposób podany na przykładzie w rozdziale X, a nadto dla uproszczenia mnożenia przez $\frac{D}{100}$ starać się trzeba, aby długość D przyjęta była w okrągłych cyfrach.

Punkta końcowe tych odcinków oznaczam kolkami liczbowanemi 1, 2, 3 — n, i kolki te są tak zwanymi kierunkami dla dozorczy budowy a względnie tamiarza.

Tamiarz po wybudowaniu pierwszej długości l (podanej w kolumnie 2 poz 1 odnośnej tabeli) łuku tamy w linii prostej, oznaczonej tyczką w punkcie styczności na kolanie tamy i żerdzią w kierunku 1ym przestawia żerdź z kierunku pierwszego na 2gi i z tyczki w bitej na końcu wykonanej długości l, a leżącej dokładnie w linii 1go kierunku, kieruje się z dalszą budową na żerdź stojącą w 2im kierunku aż do wykonania drugiej długości l, poczem znów żerdź przestawia na kierunek 3ci i tak dalej postępując, wykonuje każdy element łuku tamy na odpowiedni kie-

runek, a wybudowana w ten sposób tama leży rzeczywiście w łuku żądanym, składającym się z krótkich prostych, które odnośnie do celu można uważać jako elementa łuku.

Aby nie było i w tym względzie pomyłki, którą krawędź tamy się wytycza, najlepiej przyjąć raz na zawsze, że wytycza się linię trasy, a więc krawędź korony tamy od strony koryta rzeki tak, że tyczki stojące na tamie w stałych od siebie odstępach l oznaczają faszynową kioskę koronową zewnętrzną od strony koryta rzeki. Wymiary budowy wydaje się tamiarzowi zatem w ten sposób, że szkarpa tak zwana od wody tj. po stronie koryta rzeki mierzy się od tyczki na tamie w stronę koryta rzeki, a szerokość korony tamy i szkarpa lądowa od tyczki ku lądowi.

Czasem zachodzi taki wypadek, że aby tamiarz dobrze widział z tamy żerdź kierunkową, — wypada punkta kierunkowe przyjąć na najwyższym terenie, jakim osobliwie w nizinach jest n. p. wał ochronny dokładnie zdjęty na planie, nie leżący w prostopadłej linii na stycznej do łuku trasy (fig. Nr. 15). W takim razie trzeba na planie wykreślić kierunkową BC w obranym na planie punkcie B , na tej kierunkowej nanieść odcinki kierunkowe tj. wartości Y_1, Y_2, \dots, Y_n — z kolumny 3 i 4 odnośnej tabeli, zaś na łuku oznaczyć długości $l, 2l, 3l, n l$ — co najdokładniej zrobić można za pomocą cięciw (fig. 16) branych z kolumny 6 w ten sposób, że $C_n = 2 \times \frac{n}{2}$ jak powie-

dziano pod IV —, a punkta przecięcia ukośnej lub łamanej linii wału z liniami łączącymi punkta kierunkowe na B C z odnośnymi punktami łuku są punktami kierunkowymi na wale (fig. Nr. 15), których położenie na terenie wyznaczam za pomocą stałych punktów terenu. Tyczenie więc na terenie stycznej A B i kierunkowej B C w tym razie odpada.

Jeżeli po wykonaniu tamy na n kierunków z jakichkolwiek względów terenowych, lub też z powodu położenia dalszego ciągu budowy w innym łuku nie można użyć tej samej kierunkowej B C do wyznaczenia dalszych punktów kierunkowych, w takim razie wytycza się drugą styczną podstawową w następujący sposób:

Na prostopadłej do stycznej A B w początku łuku (fig. Nr. 17) odmierzam długość r (sec $2n\alpha - 1$) podaną w kolumnie 8 odnośnej tabeli, a punkt otrzymany z punktem n na tamie oznaczają kierunek drugiej stycznej na terenie w końcu ntego elementu łuku.

Jeżeli punkt E na stycznej A B (fig. Nr. 17) jest dostępny, nie leży na wodzie, można także dla kontroli go wyznaczyć, odmierzając od A długość z kolumny 5 wziętą w ten sposób, że cyfrę pod n_t (l. p.) mnoży się przez $\frac{r}{100}$, albo też odmierza się długość B E otrzymaną z różnicy A B -- A E. Najprędzej zaś można tę drugą styczną wytyczyć wprost instrumentem, skoro tylko można go postawić na punkcie n, a to w ten sposób: (fig. Nr. 17). Kąt między cięciwą An,

a nową styczna wynosi $(180 - n \alpha)$, kąt $n \alpha$ podany jest w kolumnie 9 odnośnej tabeli; wizując więc instrumentem na punkt A, następnie skręcając alhidadę o $(180 - n \alpha)$, otrzymując kierunek drugiej stycznej. Jeżeli nowy punkt styczności nie leży na końcu n tego elementu łuku, lecz na końcu długości łuku $n l \pm d$, gdzie $d < l$, to jak to w roz. IV podano, zamiast kąta $n \alpha$ trzeba wziąć kąt drogą interpolacji wyznaczony a wynoszący $(n \alpha \pm \frac{d}{l} \alpha)$, jak to bliżej na przykładzie objaśniono. Na wytyczonej i sprawdzonej co do kierunku w opisane wyżej sposoby drugiej stycznej wytycza się znów kierunkową i wyznacza w podany sposób nowe kierunki dla dalszej budowy. Nadmienić tu także należy, że po wykonaniu pewnej długości budowy n. p. 10 l, a osobliwie, gdy się ma tyczyć drugą styczną, należy sprawdzić, czy tama nie jest wysunięta w porównaniu z planem przed lub za trasę.

Dokonać tego można najprościej instrumentem, ustawiając go w początku łuku na tamie, oryentując na styczną, następnie na tyczkę w obranym punkcie łuku tamy n. p. 10 l, a różnica odczytów na limbusie powinna dać kąt z kolumny 9 odnośnej tabeli dla $n = 10$; albo bez instrumentu zapomocą wymierzenia odcinka i rzędnej (z kolumny 6 i 7) dla przyjętego punktu łuku na tamie, lub wreszcie przez pomiar od stałych punktów terenu.

Ponieważ w opisany sposób wytycza się budowę jako wielobok opisany na kole, a wizura instrumentu

i rzędne od stycznej podają punkta wieloboku wpisanego w koło, więc rzędna dla obranego punktu wypadnie cośkolwiek mniejsza, niż wyznaczona z kolumny 7-mej. Różnica ta wynosi $dy = r (\sec \alpha - 1)$. $\cos 2 n \alpha$, t. j. n. p. dla stosunku $\frac{1}{r} = 0.04$, $n = 10$, $r = 400$ m, $dy = 0.32$ m, — jest więc tak mała, że dla żądanego celu może być pominięta, a wspominam o niej tylko dla tego, aby otrzymawszy ją przy kontrolowaniu położenia trasy, nie uważano jej za błąd.

VI. Wytyczanie w łukach tam kamiennych, metodą promieniowania podług tabel.

Sposób wytyczania pod V opisany odpowiedni jest tylko dla tam faszynowych, gdzie tyczki oznaczające trasę osadza się zawsze w wykonanej budowie, co można wykonać z wszelką pożądaną dokładnością tak co do wzajemnych odstępów tych tyczek, jak i co do ich kierunku położenia względem siebie.

Co do wytyczenia w łukach tam kamiennych, gdzie narzuty wykonuje się zwykle wprost z galarów, to ze względu, że tyczki wyznaczające trasę muszą być wbijane w dno rzeki i osobliwie na większych głębokościach i silnym prądzie wody bardzo trudno jest dokonać osadzenie tyczki dokładnie w tym punkcie — osobliwie co do kierunku — gdzie być powinna, a z powodu nie dokładnego oznaczenia punktów załamania łuku, czyli poszczególnych jego elementów i wizowania przez tyczki w takich punktach podług powyższej

metody powstałyby błędy coraz większe, oraz z powodu, że samo wizowanie byłoby trudne, bo nie ma miejsca do wygodnego ustawienia się, gdyż koło każdej tyczki trasy w dno rzeki w bitej robi się na razie tylko kopiec kamienny, — z tych względów dla wytyczenia w lukach tam kamiennych posłuży inna metoda opisana w rozdziale IV pod lit. b.

Praktyczne zastosowanie tej konstrukcyi równie bardzo proste, a mianowicie, powołując się na uwagi w rozdziale V co do wytyczenia stycznej A B, kierunkowej B C w odstępnie D od punktu początkowego łuku, wyznaczania na tej kierunkowej punktów kierunkowych z kolumny 5 odnośnej tabeli, oraz co do wytyczenia drugiej stycznej, postępuję w ten sposób:

W punkcie styczności A (fig. Nr. 16), — leżącym na brzegu (przy opaskach), lub w korycie rzeki, lecz dostępnym z powodu wykonania narzutu do tego punktu, — mam osadzoną dokładnie i mocno tyczkę; do tej tyczki i dla wzmocnienia odpowiednio do brzegu przyczepia się na linie galar z kamieniami tak, aby jeszcze z tego galaru można wbić tyczkę od pierwszej w odległości l w tabeli podanej.

Początek taśmy lub liny o długości l trzyma jeden robotnik przy tyczce w punkcie A, a koniec jej i tyczkę drugą pionowo trzyma dozorca stojący na galarze; — trzeci pomocnik stoi z tyczką w kierunku tym czyli w punkcie 1. na kierunkowej B C — (lub na innej za pomocą tejże w opisany w rozdz. V sposób wyznaczonej), — a na galarze, stojącym długością

w kierunku prądu i dlatego łatwiej kierować się dającym, jest prócz tego kilku robotników. Mając tak wszystko przysposobione, wizuję przez punkt A na punkt 1, robotnicy kierują żerdziami (laskami) tak galar, aby dozorca, trzymający pionowo tyczkę na końcu wyciągniętej taśmy lub liny, wstawił ją we wodzie w kierunku A — 1, a gdy to nastąpiło wbija się tyczkę w dno rzeki, poczem sprawdzam jeszcze raz wizurę, a skoro tyczka w należytem miejscu jest wbita, robotnicy osadzają galar na miejscu za pomocą podpór z żerdzi z jednego i drugiego boku i natychmiast tyczkę tę obrzucają kamieniami, — przyczem z początku podtrzymuje się ją osęką, — aż utworzy się kopiec kamienny, w którym tyczka jest mocno osadzona. Następnie żerdź kierunkową przestawia się z punktu 1 do punktu 2 na linii kierunkowej, galar z kamieniami, — podtrzymywany tak zwanym hartulem na linie (trylu lub półtrylku) oraz rodzajem ruchomej kotwicy we wodzie (zwanej psem), a składającej się z dużego na krótkiej linie do głowy galaru przeczepionego i na dno rzeki puszczonego kamienia — opuszcza się niżej ku następnemu punktowi oznaczyć się mającemu, zakłada się linę od strony koryta rzeki za tyczkę i kopiec kamienny co dopiero usypany i przywiązuje ją odpowiednio na brzegu (na hartulu). Wizuję znów przez tyczkę w początku łuku A na kierunek 2gi i w sposób powyższy z tą różnicą, że początek miary 1 (taśmy lub linki zaopatrzonej w ogniwo) zaczepia się na tyczce w punkcie 1, osadza się

następnie tyczkę w odstępie 1. od pierwszej, wyznaczając drugi element łuku, i tak postępując dalej, wytyczam potrzebną do budowy długość trasy, przy czem sam ciągle pozostaję w początku łuku A do wizowania, a dozorca na galarze pilnuje, aby każda tyczka wbita była pionowo i dokładnie na końcu wyciągniętej miary 1. W ten sposób omijam powiększania się ewentualnych błędów, mogących wyniknąć z nie całkiem dokładnego co do kierunku osadzenia tyczek, w korycie rzeki, bo ciągle wizuję przez ten sam punkt początkowy łuku i punkta na lądzie, ewentualna więc niedokładność kierunku którejkolwiek tyczki w trasie pozostaje bez wpływu na dalsze wytyczenie.

Do wytyczania opasek koło brzegu, gdzie tylko tu i owdzie z powodu wyrw brzegu z budową trzeba nieco na wodę wystąpić, mając do dyspozycji dwie łodzie, lub zazwyczaj galary, można stosować tak pierwszą jak i drugą metodę tyczenia łuku. W ogóle jednak metoda 1^a, podług której punkta kierunkowe na lądzie i odnośne punkta łuku na tamie oznaczają bezpośrednio położenie i kierunki poszczególnych elementów łuku, jest do wytyczania budowli faszynowych wygodniejsza, druga metoda zaś, zwana zazwyczaj promieniowaniem, dogodna jest dla wytyczania budowli kamiennych.

VII. Wytyczanie zamknięć w łukach.

Jeżeli się ma budować w łuku zamknięcie starego koryta przy wylocie przekopu, gdzie z budową wycho-

dzi się od obydwóch brzegów, w takim razie wyznacza się kierunki jak wyżej opisano metodą 1ą lub 2gą zależnie od materiału budowlanego, od dwóch stycznych w początku i w końcu łuku n. p. (fig. Nr. 17) w punkcie A i n i linie kierunków wypadają wtedy dla dwóch części zamknięcia po przeciwległych brzegach.

Co do wytyczenia tych stycznych postępuję w ten sposób: Mając na planie dane i na gruncie wyznaczone dwa stałe punkta łuku A i n , leżące na łądzie a nie w korycie rzeki, mierzę długość cięciwy $A n$ na gruncie tachymetrem, lub linką drucianą albo wreszcie z planu, dla połowy otrzymanej cyfry, podzielonej przez $\frac{r}{100}$ szukam przybliżonej wartości w kolumnie 6 odnośnej tabeli na zasadzie, że cięciwa długości łuku pod l. p. n jest podwójną długością odcinka pod l. p. $\frac{n}{2}$ czyli $C n = 2 \times \frac{n}{2}$, i długość cięciwy z tabeli wypadającą pomnożoną przez $\frac{r}{100}$ nanoszę na teren w ten sposób, że tyczkę w jednym z danych punktów łuku na terenie w kierunku trasy (w przekopie zazwyczaj już przedtem wytyczonej) przesuwam o otrzymaną różnicę cięciw.

Po sprawdzeniu (tachymetrem), czy wyznaczona na terenie długość cięciwy odpowiada wynalezionej z tablicy, wytyczam w opisany w rozdziale V sposób pierwszą styczną, a mianowicie tę, która leży więcej w poprzek koryta rzeki, i długość jej na wodę padająca jest mniejsza, aby ją łatwiej można było zmierzyć,

następnie otrzymaną z kolumny 8 dla l. p. n. długość linii A S nanoszę na prostopadłej do stycznej w początku łuku i w ten sposób mam wytyczoną drugą styczną. Najprostrzy sposób do wytyczenia obydwóch stycznych jest znów instrument a mianowicie: ustawiam go raz w punkcie A, drugi raz w punkcie n, orientuję pierwszy raz na punkt n, drugi raz na punkt A i za każdym razem skręcam alhidadę o kąt $n \alpha$, podany w odnośnej tabeli dla l. p. n, a otrzymane wizury podają kierunki i położenie obydwóch stycznych. Długość S n stycznej potrzebną do wyznaczenia linii kierunkowej również łatwo z tabeli znaleźć, a mianowicie trzeba tylko cyfrę z kolumny 5 pod l. p. 2 n pomnożyć przez $\frac{r}{100}$.

Jeżeli punkt przecięcia się stycznych E nie pada na wodę, jest więc dostępny, to mierzenie stycznych oraz nanoszenie na teren z tabeli wartości A S i S n odpada, bo mam z tabeli dane $A E = n E$, to jest wartość z kolumny 5 pomnożona przez $\frac{r}{100}$ dla l. p. n. Na gruncie wyznaczam więc punkt E jako przecięcie się wizur stycznych i od niego położenie kierunkowych. Gdyby tyczki w żadnym z początków zamknięcia nie można było przesunąć z powodu niewiadomego położenia dalszej trasy, to przyjmując za podstawę wytyczenia pierwotnie wytyczoną długość cięciwy $C n + d$, można sposobem interpolacji, jak opisano w rozdziale IV, wyznaczyć wszystkie inne potrzebne wartości.

Dalsze tyczenie kierunków następuje, jak w rozdziale V i VI, zależnie od tego, czy ma być zamknięcie faszynowe lub kamienne.

VIII. Wytyczanie łuków tam z linii kierunkowej leżącej powyżej początku budowy, oraz wytyczanie tam w łukach wypukłych.

Aczkolwiek bardzo rzadko, przecież zachodzą takie wypadki w praktyce, że linia kierunkowa B C, obrona gdziekolwiek poniżej początku budowy, nie pada wcale na ląd, lecz w koryto rzeki.

Wypadek ten zajść może mianowicie wtedy, jeżeli projektowana budowa aczkolwiek w łuku wklęsłym leży blisko przejścia brzegu rzeki z położenia wklęsłego w wypukłe, lub też zajść może przy budowie tamy seperacyjnej na wylocie koryta bocznego dopływu rzeki.

W takim razie wytycza się styczną A B wstecz tj. w kierunku pod bieg rzeki a nie za biegiem tejże, a na linii kierunkowej B C, wytyczonej w kierunku od stycznej ku lądowi, wyznacza się punkta kierunkowe. Dla budowy faszynowej punkta te wyznacza się w ten sposób, że długości odcinków są sumą odnośnych wartości z kolumny 3 i 4 odnośnej tabeli, a nie różnicą, jak to ma miejsce przy linii kierunkowej leżącej względem początku budowy za biegiem rzeki i w kierunku od stycznej ku rzece, dlatego też w nagłówku kolumny 4 jest znak (+).

Jeżeli kierunkową przyjmujemy w punkcie styczności, to wartości odcinków dla punktów kierunkowych oblicza się tylko z kolumny 4, bo wtedy długość D równa się zero (fig. Nr. 18).

Dla budowy kamiennej nanosi się te same wartości odcinków z kolumny 5 odnośnej tabeli z tą różnicą, że linia kierunkowa leży od stycznej ku lądowi.

Również zająć może wypadek, że mając wytyczyć tamę w łuku wypukłym fig. Nr. 19, nie pada wcale na ląd linia kierunkowa BC ani poniżej, ani powyżej początku budowy. W takim razie trzeba wytyczenie przeprowadzić rzędnymi od cięciw w ten sposób:

Z kolumny 6 odnośnej tabeli otrzymujemy długość cięciwy, — jak opisano w rozdziale III— dla takiej przyjętej długości łuku, która zawiera $2n$ czyli ilość parzystą elementów tak, że mam do wytyczenia $2n$ elementów łuku n . p. 6 (fig. Nr. 19).

Długość tej cięciwy odcinam na łuku w planie od punktu początkowego budowy A , a jeżeli ta cięciwa nie pada na teren dostępny do pomiaru, wykreślam w przyjętym odstępnie d do niej, a względnie do długiej stycznej OB , wyznaczonej jak opisałem, równoległą, leżącą na lądzie i za pomocą prostopadłej w punkcie początkowym cięciwy A oznaczam na planie punkt A' . Następnie wytyczam na podstawie planu na gruncie rzeczoną równoległą $A^1 n^1$, wyznaczam punkt A^1

odmierzam długość $c = A^1 n^1$ oraz $A^1 O^1 = \frac{c}{2}$. Następnie nanoszę od punktu O^1 do A^1 w jedną i do

n^1 w drugą stronę odcinki z kolumny 6, a w końcach tychże odpowiednie rzędne z kolumny 7 dla punktów od 1 do n obliczone w ten sposób, że rzędna z punktu $O^1 = d + y_n$, $1^1 = (d + y_n) - y_1$, $2^1 = (d + y_n) - y_2$, z punktów A^1 i $n^1 = d$ i w ten sposób przyjęta część łuku jest wytyczona.

Przy budowie faszynowej można się posługiwać przy tem tyczeniu od cięciw przybliżoną zmodyfikowaną metodą cięciw lub stycznych, pierwszy jednak lub pierwszy i drugi element łuku od punktu A musi być wyznaczony rzędną od cięciwy.

Przy budowie kamiennej albo wszystkie punkta muszą być temi rzędnemi oznaczone, albo też tylko główne, a pośrednie metodą pana Fargue. Jeżeli wytyczonym w opisany sposób łukiem nie objęto całej długości budowy, wytycza się wtedy następną cięciwę i to tak: Ponieważ (fig. Nr. 19) $n^1 B = d \operatorname{tg} 4 n \alpha$, a $B n = \frac{n^1 B}{\sin 4 n \alpha}$ przeto z kolumny 5 odnośnej tabeli dla l. p. $4 n$ podaną cyfrę mnożę przez $\frac{d}{100}$, otrzymaną długość wynoszę na terenie od punktu n^1 w stronę do A^1 , w otrzymanym punkcie B ustawiam instrument, wizuję na A^1 , następnie skręcam alhidadę o $180 - 4 n \alpha$, przyczem $4 n \alpha$ biorę z tabeli dla l. p. $4 n$, a otrzymana wizura wyznacza mi położenie następnej cięciwy $A n''$, — której długość równą pierwszej cięciwie wymierzam i wytyczam łuk jak wyżej opisano, tylko za długość d biorę cyfrę otrzymaną w ten spo-

sób, że obliczoną długość $n^1 B$ pomnożoną przez 100 dzielię przez cyfrę z kolumny 6 dla l. p. 2 n.

Wytaczanie tam w łukach wypukłych jest jedyne, przy którym musi się posługiwać rzędnymi.

IX. Wytaczanie tam łukowych w odstępach, opasek i rekonstrukcyi starych tam równoległych.

Jeżeli ma być wykonanych kilka tam równoległych po sobie w odstępach leżących i w łukach, to należy koniec części prostopadłej, czyli kolano tamy następnej wyznaczyć za pomocą kierunków, jako dalszy ciąg tamy poprzedniej już wykonanej, a pomiar długości tej części prostopadłej na podstawie stałych punktów na brzegu służyć ma jako kontrola, czy i o ile budowa prowadzi się w linii trasy na planie oznaczonej. W razie otrzymania pewnej różnicy w tej długości z jednego i drugiego pomiaru, która to różnica wskazuje nam, ile budowa wysunęła się poza trasę w jedną, lub drugą stronę, to usunięcie tego błędu, czyli wprowadzenie budowy w naturze w podaną na planie trasę, należy rozłożyć na większą długość następnego ciągu budowy, aby nie powstało w jednym miejscu załamanie trasy. Mogę tu jednak zapewnić, że przy należytej oględności inżyniera prowadzącego budowę, t. j. dokładnem przeprowadzeniu wytaczania podług opisanych sposobów i częstem w miarę postępu budowy kontrolowaniu długości i kierunków, nigdy nie może powstać większy błąd, leżący po za granicami pożądaney dokładności. Jeszcze wypada mi wspo-

mnieć o niektórych uwagach praktycznych przy wytyczaniu opasek i rekonstrukcyi starych tam.

Mając budować opaskę, staramy się o to aby z jednej strony opaska leżała w wyznaczonej trasie, a więc w danych prostych lub łukach, a z drugiej strony, aby ze względu na koszta budowy prowadzoną była jak najwięcej przy brzegu.

Aby jedno i drugie uwzględnić postępuje się w ten sposób:

Po wyznaczeniu punktu styczności i stycznej w sposób opisany 19 lub 2gi i wyznaczeniu kierunków wytyczam całą opaskę, co bardzo szybko postępuje, i w punktach końcowych poszczególnych elementów łuku wbijam tyczki.

Następnie przechodzę wszystkie tyczki, mierzę ich odstępny od brzegu i z rezultatu całego pomiaru rozważam, o ile należy trasę ze względu na brzegi w jedną lub drugą stronę przesunąć, — oczywiście jeżeli to dopuszczalne, tj. że położenie trasy dowolnie przyjęte, a nie jest ściśle określone, n. p. budowlami już wykonanymi powyżej i poniżej, lub po przeciwległym brzegu.

Zdecydowawszy się na przesunięcie trasy o pewien stały wymiar na jedną lub drugą stronę, przesuвам o ten wymiar punkt styczności i wszystkie punkty kierunkowe od stycznej wyznaczone w tę samą stronę, a podług nich tak zrektyfikowanych wykonana opaska odpowie celowi. Rzecz naturalna, że te punkta wytyczonej zrektyfikowanej trasy, które przypadają na brzegu,

zaraz utrwalam wbiciem kołków i dla nich punkta kierunkowe są już nie koniecznie potrzebne. Ale że dla punktów trasy, przypadających w wodzie, muszą być zachowane punkta kierunkowe, więc już dla porządku rzeczy i ominięcia ewentualnej pomyłki tamiarza lub dozorca należy wszystkie punkta kierunkowe trwale na gruncie oznaczyć i ponumerować liczbami porządkowymi.

Przy opisanem próbnem wytyczaniu opaski zajdzie czasem ten wypadek, że ze względu na obecny stan brzegów korzystnem byłoby promień łuku zmienić.

Również przy wytyczaniu rekonstrukcyi starych tam, gdy mamy przy sposobności wykonania większej naprawy tam doprowadzić je do należytego położenia w regularnej trasie, a ile możności trzymać się starych korpusów, postępuję tak samo jak wyżej co do opasek opisałem.

P R Z Y K Ł A D

zastosowania tabel do tyczenia łuków tam.

a) Podług danego planu sytuacyjnego (fig. Nr. 1) mam wytyczyć tamę równoległą lit. a w łuku o promieniu 720 od A do F, a dalej od F 1400 m. Długość cięciwy łuku o promieniu 720 m wynosi podług planu 580 m czyli dla promienia 100, $= \frac{580}{7.2} = 80.56$, a połowa $= x = 40.28$.

Najbliższe tej cyfry w kolumnie 6 tabeli IV są $x_{28} = 40.776$ i $x_{27} = 39.401$, czyli $c_{56} = 2 \times 40.776 = 81.572$ i $c_{54} = 2 \times 39.401 = 78.802$.

Długość łuku o promieniu $r = 100$ dla cięciwy $c = 80.56$ wynosi z rzeczonej tabeli:

$$81.0 + \frac{2 \times 1.5 (80.56 - 78.80)}{81.572 - 78.802} = 81.0 + 1.90 = 82.90 = 82.5 + 0.40.$$

Zatem odnośnie do rozdziału IV wynikają z interpolacji dla punktu F:

$$x = 74.464 - (74.464 - 73.454) \frac{1.5 - 0.4}{1.5} =$$

albo

$$= 73.454 + (74.464 - 73.454) \frac{0.4}{1.5} = 73.724,$$

$$y = 33.254 - (33.254 - 32.146) \frac{1.5 - 0.4}{1.5} =$$

albo

$$= 32.146 + (33.254 - 32.146) \frac{0.4}{1.5} = 32.442.$$

Cyfry te dla promienia 720 są:

$$X_f = 73.724 \times 7.2 = 530.81$$

$$Y_f = 32.442 \times 7.2 = 233.58$$

Z końcowego punktu łuku F długością 233.6, a z początkowego A długością 530.8 zakreślam łuki przecinające się w punkcie A_2 , który z punktem A oznacza styczną.

Jeżeli ma być wybudowana tama faszynowa, to kreśląc na oko styczną do łuku w F przekonują się,

że obrawszy $A B = D = 800$ m, to cała kierunkowa $B C$ dla tego łuku leżeć będzie na lądzie. Długość całego łuku o promieniu 720 wynosi $82.9 \times 7.2 = 596.9$ i podług tabeli II, zawierać będzie $n = 28$ elementów każdy po $3 \times 7.2 = 21.6$ m, tylko ostatni 28y będzie wynosił $(82.9 - 81.0) \times 7.2 = 13.6$ m.

Mnożąc (skrótowym sposobem) cyfry z tabeli II, kolumny 3 od 1 do 28 przez 8.0, a z kolumny 4 przez 7.2 (z dokładnością na jedno miejsce dziesiętne, albo nawet wystarcza na jednostki) i biorąc różnice odnośnych iloczynów, otrzymuję długości odcinków, na kierunkowej $B C$ dla wszystkich elementów, a więc:

1)	12.0	—	0.1	=	11.9	^{11.9}
2)	36.0	—	0.7	=	35.3	^{23.4}
3)	60.0	—	1.9	=	58.1	^{22.8}
4)	84.3	—	4.0	=	80.3	^{22.2}
5)	108.6	—	6.6	=	102.0	^{21.7}
6)	133.2	—	9.9	=	123.3	^{21.3}
7)	158.0	—	13.8	=	144.2	^{20.9}
8)	183.1	—	18.6	=	164.5	^{20.3}
9)	208.6	—	24.1	=	184.5	^{20.0}
10)	234.3	—	30.2	=	204.1	^{19.6}
11)	260.6	—	37.1	=	223.5	^{19.4}
12)	287.5	—	44.9	=	242.6	^{19.1}
13)	314.9	—	53.6	=	261.3	^{18.7}
14)	343.0	—	63.2	=	279.8	^{18.5}
15)	371.7	—	73.8	=	297.9	^{18.1}

- 16) $401.4 - 85.5 = 315.9$ ^{18.0}
 17) $431.8 - 98.2 = 333.6$ ^{17.7}
 18) $463.3 - 111.9 = 351.4$ ^{17.8}
 19) $496.0 - 127.1 = 368.9$ ^{17.5}
 20) $529.8 - 143.6 = 386.2$ ^{17.3}
 21) $565.1 - 161.5 = 403.6$ ^{17.4}
 22) $601.9 - 181.0 = 420.9$ ^{17.3}
 23) $640.4 - 202.2 = 438.2$ ^{17.3}
 24) $680.7 - 225.2 = 455.5$ ^{17.3}
 25) $723.1 - 250.4 = 472.7$ ^{17.2}
 26) $768.0 - 278.0 = 490.0$ ^{17.3}
 27) $815.5 - 308.0 = 507.5$ ^{17.5}
 28) $866.0 - 341.1 = 524.0$ ^{17.4}

Z tego zestawienia cyfr widoczna, że z wyjątkiem pierwszego odcinka różnice poszczególnych długości odcinków na kierunkowej stopniowo coraz są mniejsze i coraz mniej między sobą się różnią.

Dla celów praktycznych wystarczy więc obliczyć z tabeli tylko cyfry dla kierunków 180 i następnych parzystych n. p. 1, 4, 8, 12, 16, 22, 28, a pośrednie obliczyć z różnic między nimi jako równe części a więc będzie odcinek 1) 11.9, od 1 do 4) 3 odcinki po

$$\frac{80.3 - 11.9}{3} = 22.8, \text{ od 4 do 8) 4 po } \frac{164.5 - 80.3}{4} =$$

$$21.5, \text{ od 8 do 12) 4 po } \frac{242.6 - 164.5}{4} = 19.52, \text{ od}$$

$$12 \text{ do } 16) 4 \text{ po } \frac{315.9 - 242.6}{4} = 18.32, \text{ od } 16 \text{ do } 22)$$

$$6 \text{ po } \frac{420.9 - 315.9}{6} = 17.5, \text{ od } 22 \text{ do } 28) 6 \text{ po } \frac{524.9 - 420.9}{6} = 17.33.$$

Rzecz naturalna, że im odstęp D jest mniejszy, tem różnice odcinków coraz są większe, a największe, jeżeli $D = 0$, jak to na następnym przykładzie pod b przedstawiono.

Te odcinki nanoszę na wytyczonej na terenie kierunkowej BC od punktu B i wytyczenie łuku pierwszego o promieniu 720 m , skończone. Jeżeliby zaś zachodziła potrzeba podać kierunki na wyższym terenie *n. p.* na wale, na planie oznaczonym, to wytyczenie stycznej AB i kierunkowej BC odpada, a natomiast wynajduję z kolumny 6 tab. II cięciwy punktów łuku 1, 4, 8, 12, 16, 22 i 28, a więc $c_1 = 3.0 \times 7.2 = 21.6$, $c_4 = 2 x_2 = 2 \times 6 \times 7.2 = 86.4$, $c_8 = 2 x_4 = 2 \times 11.97 \times 7.2 = 172.4$.

$$C_{12} = 2 x_6 = 2 \times 17.9 \times 7.2 = 257.9,$$

$$C_{16} = 2 x_8 = 2 \times 23.77 \times 7.2 = 342.3,$$

$$C_{22} = 2 x_{11} = 2 \times 32.41 \times 7.2 = 462.3,$$

$$C_{28} = 2 x_{14} = 587.2.$$

Te długości nanoszę na łuku cyrklem z punktu A , przez otrzymane punkta 1, 4, 8, 12, 16, 22, 28 i odnośne punkta na kierunkowej kreślę linie do przecięcia się z wałem i otrzymuję na tymże punkta kierunkowe 1, 4, 8, 12, 16, 22 i 28, które z planu na teren nanoszę za pomocą stałych punktów terenu (na planie kółeczkami oznaczonych). Pośrednie punkta

znajduję, dzieląc na terenie odstęp otrzymanych punktów od 1 do 4 przez 3, następnie odstęp do 22 przez 4, a resztę przez 6

Jeżeli ma być budowana tama kamienna, to w analogiczny sposób wyznaczam kierunki z kolumny 5, tabeli II, mnożąc cyfry z tej kolumny przez 8:

1) 10·0 ¹⁰	16) 195·8 ^{12.7}
2) 24·0 ¹⁴	17) 208·6 ^{12.8}
3) 36·0 ¹²	18) 221·4 ^{12.8}
4) 48·0 ¹²	19) 234·3 ^{12.9}
5) 60·0 ¹²	20) 247·4 ^{13.1}
6) 72·2 ^{12.2}	21) 260·6 ^{13.2}
7) 84·3 ^{12.1}	22) 274·0 ^{13.4}
8) 96·5 ^{12.2}	23) 286·5 ^{13.5}
9) 108·6 ^{12.1}	24) 301·1 ^{13.6}
10) 120·9 ^{12.3}	25) 314·9 ^{13.8}
11) 133·1 ^{12.3}	26) 328·8 ^{13.9}
12) 145·3 ^{12.3}	27) 343·0 ^{14.2}
13) 158·0 ^{12.5}	28) 357·3 ^{14.3}
14) 170·6 ^{12.6}	
15) 183·1 ^{12.5}	

Z tego zestawienia cyfr znów widzimy, że różnice poszczególnych długości odcinków na kierunkowej, — z wyjątkiem pierwszych dwóch odcinków — stopniowo coraz są większe i między sobą dopiero w dalszych pozycjach coraz więcej się różnią.

Dla celów praktycznych więc wystarczy obliczyć z kolumny 5, tabeli II tylko cyfry: 1, 2, 10, 18,

24 i 28, a pośrednie obliczyć z różnic między niemi, a więc będzie odcinek 1Y 10'0, 2gi 14'0, od 2 do 10)

$$8 \text{ odcinków po } \frac{120'9 - 24'0}{8} = 12'1,$$

$$\text{od 10 do 18) } 8 \text{ po } \frac{221'4 - 120'9}{8} = 12'56,$$

$$\text{od 18 do 24) } 6 \text{ po } \frac{301'1 - 221'4}{6} = 13'3,$$

$$\text{od 24 do 28) } 4 \text{ po } \frac{357'3 - 301'1}{4} = 14'05.$$

Te długości nanoszę znów na gruncie na kierunku B C lub za pomocą tejże w razie potrzeby na inną linię n. p. na wał w sposób, jak wyżej przedstawiłem.

b) Wytyczanie stycznnej na początku łuku tamy lit. a o promieniu 1400 m.

1. Instrumentem. Na tamie faszynowej w punkcie trasy F, dla którego z tabeli IV, kolumny 9, poz. 55, kąt obwodowy $n\alpha + \frac{d}{1}\alpha = (23^0 - 38' - 04'')$ $+ \frac{0.4}{1.5} (25' - 47'')$ wynosi $23^0 - 44' - 56''$ — ustawiam instrument, orientuję na tyczkę w A, skręcam alhidadę o $180^0 - (23^0 - 44' - 56'') = (156^0 - 15' - 03'')$ i w tym kierunku wytyczam na gruncie nową stycznną, jako podstawę wytyczenia dalszego ciągu tamy o promieniu 1400 m.

1. Bez instrumentu.

Z kolumny 8, tabeli IV dla $n = 55$ wypada dłu-

gość prostopadłej $A S_n$ do stycznej $A B = 47.37$, a dla punktu $(n + 1) = 56$ jest $A S_n = 49.82$. Dla punktu F będzie zatem $A S_f = 49.82 - (49.82 - 47.38) \frac{1.5 - 0.4}{1.5} = 48.01$ albo $47.37 + (49.82 - 47.37) \frac{0.4}{1.5} = 48.01$ czyli dla $r = 720$ wynosi $48 \times 7.2 = 345.7$ m. Wytyczam więc w A tę prostopadłą, odmierzam na niej 345.7 m i otrzymany punkt S z punktem F dają kierunek i położenie żądanej stycznej.

Z kolumny 5 dla $n = 55$ i 56 długość stycznej $A E_f$ podobną j. w. interpolacją wyznaczona wynosi $(43.76 + (44.66 - 43.76) \frac{0.4}{1.5}) 7.2 = 316.7$. Jeżeli więc sytuacja pozwala, to ją dla kontroli odmierzam na stycznej $A B$; — koniecznie wymagana nie jest.

Punkt F sprawdzam albo instrumentem (na tamie faszynowej) z A , wiedząc, że kąt $B A F = 23^0 - 44' - 56''$, albo rzędną od stycznej (tama kamienna) na wykonanej tamie łatwo wymierzyć się dającą, gdzie z tabeli i interpolacji jak już wskazałem: $x_f = 530.8$ m, $y_f = 233.6$ m.

c) Wytyczenie zamknięcia lit. b o promieniu $r = 850$ m na planie danego.

Długość cięciwy między początkiem b , a obranym punktem A' wynosi $c = 700$ m ;

$$\frac{c}{2} \cdot \frac{100}{r} = 350 : 8.5 = 41.2.$$

W kolumnie 6, tabeli II najbliższa cyfra zbliżona jest $40.78 = X_{14}$, czyli odnośna cięciwa dla $r = 850$

$C_{28} = 2 X_{14} = 2 \times 40.78 \times 8.5 = 693.3$,
 nanoszę ją z punktu b i otrzymuję punkt A.

Kąt między cięciwą A b a styczną w A lub b wynosi z kolumny 9, tabeli II $n \alpha = 28 \alpha = 24^0 - 3' - 51''$.
 Za pomocą tego kąta instrumentem wytyczam wprost obie styczne.

Długość prostopadłej b S w razie potrzeby z kolumny 8, tabeli II l. p. 28 i dla $r = 850$ wynosi $b S = 49.82 \times 8.5 = 423.5$, zaś b E = EA z kolumny 5 dla l p = n = 28 wynosi $44.66 \times 8.5 = 379.6$ m.

Przyjmijmy, że zamknięcie ma być budowane fazsynadą i że z jakichkolwiek powodów nie można wyznaczać linii kierunkowej dla części zamknięcia od lit. b zaczętego w zwykły sposób t. j. z przodu, — a więc n. p. na prawym brzegu odciętego koryta — i przyjmijmy, że na linię kierunkową nadaje się linia prostopadła b S. W takim razie D = 0 i wartości z kolumny 3 odpadają, a dla wartości odcinków pozostaje tylko kolumna 4. Jak to łatwo przekonać się można z porównania cyfr tej kolumny, przyrost ich różnic w porządku następstwa jest znaczny i coraz większy, w obec czego, jak nie mniej ze względu, że ta linia kierunkowa leży tuż koło budowy, należy obliczyć wszystkie odcinki, a nie brać średnich, jak to w poprzednich przypadkach miało miejsce. Obliczenie zresztą bardzo proste, bo w danym przypadku trzeba

tylko cyfry kolumny 4 pomnożyć przez 8·5, a więc będą wartości odcinków:

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| 1) 0·09 | 2) 0·85 | 3) 2·3 | 4) 4·7 |
| 5) 7·7 | 6) 11·0 | 7) 24·7 | i t. d. |

Gdyby kierunkowa ze względów terenowych obrana była powyżej początku budowy w pewnym odstępie D, to jak już powiedziano, wartościami odcinków byłyby sumy cyfr z kolumny 3 i 4 a nie różnice, jak przy kierunkowej na przodzie (poniżej początku budowy) obranej, a różnice pomiędzy poszczególnymi odcinkami są jeszcze większe, trzeba więc także każdy odcinek z tabeli wyznaczyć.

Długość jednego elementu łuku wynosi $3 \times 8\cdot5 = 25\cdot5$ m, a długość całego łuku od b do A, ponieważ $n = 28$, wynosi $84 \times 8\cdot5 = 714$ m.

Jeżeli zamknięcie ma być budowane z kamieni, to musi się obracć kierunkową w pewnym odstępie D co najmniej równym odcinkowi na stycznej dla końca części łuku — z tej samej kierunkowej wykonać się mającego, albo większym i to poniżej początku budowy, a tylko z konieczności powyżej tegoż, gdyż w ogóle kierunki dane w tyle roboty bądź faszynowej, bądź kamiennej nie są wygodne. Taki n. p. przypadek zajśćby mógł przy wytyczaniu tamy lit c, gdyby teren brzegu lewego poniżej nie był dogodny na umieszczenie linii kierunkowej. Są to wyjątki rzadkie, a typowy przypadek tyczenia jest opisany dla tamy lit. a.

d) **Wytyczenie tamy d i opaski w przekopie w łuku wypukłym o promieniu $850 - 150 = 700$ m.**

Przyjmuję cięciwę dowolną dla 2 n punktów a więc n. p. $C_{14} = 2 X_{7.}$, $n = 7$; z kolumny 6, tabeli II i dla promienia $r = 700$ m wypada $c_{14} = 2 \times 20.85 \times 7 = 291.9$ m. Tę długość odcinam na łuku w planie od punktu A do B, kreślę do niej równoległą w odstępnie n. p. 60 m, i za pomocą prostopadłej w A oznaczam punkt A'; wytyczam na gruncie z planu tę równoległą A' B', a odmierzając od A' ku B' dwa razy po $\frac{291.9}{2} = 145.95$ m, otrzymuję środek cięciwy O' i punkt B'. Liczba odcinków od O' do A' lub do B' jest 7, więc pierwsza rzędna łuku t. j. w punkcie O' wynosi z kolumny 7, l. p 7 o) $= 2.20 \times 7 + 60 = 75.4$ m, a następane:

$$1) = 75.4 - 0.04 \times 7 = 75.1$$

$$2) = 75.4 - 0.18 \times 7 = 74.5$$

$$3) = 75.4 - 0.40 \times 7 = 72.6$$

$$4) = 75.4 - 0.72 \times 7 = 70.4$$

$$5) = 75.4 - 1.12 \times 7 = 67.6$$

$$6) = 75.4 - 1.62 \times 7 = 64.1$$

$$a) 7) = A^* A^1 = 75.4 - 2.20 \times 7 = 60.0.$$

Odcinki są z kolumny 6: ad 1) 21.0 ad 2) 42.0 ad 3) 62.9 ad 4) 83.8 ad 5) 104.6 ad 6) 125.4 ad 7) 145.95.

Przypuśćmy, że dalszy ciąg tamy jest również na wodzie nie dostępny, a więc wyznaczam równoległą do cięciwy drugiej.

Z kolumny 5 dla $4n = 4 \times 7 = 28$ otrzymuję:

$$B'B'' = 4\overset{4}{6}66 \times \frac{60}{100} = 26.8 \text{ m.}$$

Kąt $4n\alpha = 28\alpha = z$ kolumny 9 l. p. $28 = 24^{\circ} 3' - 51''$, $180^{\circ} - 4n\alpha = 155^{\circ} - 56' - 9''$, a z kolumny 6 dla $2n = 14$

$$BB'' = 26.8 \times 100 : 40.78 = 65.7 \text{ m.}$$

Od punktu B' w kierunku do A' odcinam więc na równoległej do pierwszej stycznej długość 26.8 m, w otrzymanym punkcie ustawiam instrument, oryentuję na A', skręcam alhidatę o $155^{\circ} 56' 9''$ i otrzymuję kierunek i położenie drugiej równoległej B' C' do drugiej cięciwy BC w odstępnie od niej o 65.7 m. nanoszę na niej dwa razy po 145.95 m, otrzymuję jej środek i koniec C' i postępuję zresztą jak przy pierwszej cięciwie z tą tylko różnicą, że rzędne wszystkie będą o $65.7 - 60 = 5.7$ m większe.

W powyższych przykładach przedstawione są wszystkie ważniejsze przypadki wytyczania i sposób użycia tabel należycie cyframi jest objaśniony.

Zauważyć tu jeszcze muszę, że przedstawiony fikcyjny plan sytuacji narysowany jest dla braku miejsca w skali 1:10.000, aby więc wszystkie długości nie wypadły na planie zbyt małe, nie widoczne, dlatego przykłady przeprowadzono na bardzo długich łukach, wskutek czego cyfry przeważnie wypadają bardzo wielkie.

W praktycznym zastosowaniu przy użyciu zwykłych planów w podziałce n. p. 1:2880 wypadną wszelkie

cyfry bez porównania mniejsze, a ilość wyznaczyć się mających kierunków wynosi zazwyczaj kilka lub kilkanaście tak, że i ten mały rachunek mnożenia cyfr przez $\frac{D}{100}$ i $\frac{r}{100}$ redukuje się do minimum.

XI. Praktyczna wartość opisanych sposobów wytyczania.

Kończąc na tem moje uwagi o wytyczaniu budowli wodnych, dodać muszę do tego, co na wstępie powiedziałem, że zaletą tych sposobów tyczenia jest, że kierujący budową inżynier po wykonaniu pierwszego podstawowego pomiaru nie potrzebuje przy dalszych wytyczeniach ciągle na planie sytuacyjnym — w otwartem polu, często na wietrze, — cyrklem mierzyć i kreślić po planie różnych linii stycznych, a względnie cięciw dla każdego kawałka łuku za prosty uważanego, często może z wątpliwą dokładnością, następnie niepotrzebuje szukać po brzegach każdego kierunku, przyczem łatwo pomylić się można lub mierzyć na planie i na wodzie z trudem wytyczać odstępy trasy od punktów parcel. Tego wszystkiego mówię nie potrzeba, bo całe wytyczanie z planu odnosi się tylko do stycznej podstawowej, a resztę wyznacza się z podanych tabelek tak, że w razie n. p. zaginięcia któregośkolwiek punktu kierunkowego na terenie, wynajduje się go bardzo szybko bez planu oryginalnego, jak nie mniej do dalszego wytyczania wystarcza mieć przy sobie tylko te tabelki i szkice.

Zdarzyło mi się widzieć nieraz budowle w zakolach, gdzie łuki tam, aczkolwiek w głównych zarysach dobrze wyprowadzone, składają się z za długich prostych, wskutek czego już na oko źle to wygląda, a ze względów na bieg wody nie jest wskazane.

Powodu takiego wytyczania domyślam się w tem, że na planie w stosunkowo małej skali łuk dosyć długi zdaje się mało różnić od swej cięciwy, bo strzałka łuku 0·5 do 2·0 m w skali n. p. katastralnej jest mała. wynosi zaledwie 0·17 do 0·7 m/m, i dla tego kreśląc na planie linie kierunkowe, lub oznaczając punkta łuku przez bezpośredni pomiar długości od linii na brzegu danych, przyjęto na elementa łuku za długie cięciwy. W naturze zaś razi nawet 0·5 m wynoszące zboczenie tamy z należytego położenia i błędy takie, które podług podanych opisów łatwo można ominąć, nie powinny mieć miejsca.

Również zdaje mi się być zaletą opisanych metod i ta okoliczność, że mając należycie na gruncie oznaczony i utrwalony bodaj punkt B (z figury Nr. 1) mogę zawsze, i w następnym roku, odnaleść punkty kierunkowe całkiem dokładnie.

Okoliczność ta ma znaczenie osobliwie przy budowlach kamiennych. Często bowiem tutaj zachodzi potrzeba podwyższenia tam w roku następnym, które ze względów ekonomicznych wykonano w roku poprzednim o wąskiej i nisko położonej koronie tak, że gdy się przystępuje do budowy, zwłaszcza na wio-

snę, przy nieco wyższym stanie wody, tama cała jest pod wodą.

Otóż aby nie robić wtedy narzutów po omacku, nie kierować się tylko tem »gdzie się woda sieje« i nie niweczyć nieraz w ten sposób pierwotnego dobrego wytyczenia, wskazanem jest wytyczyć budowę ponownie, a ażeby wypadła trasa dokładnie w tem samem miejscu, jak była pierwotnie wytyczoną, musi się mieć do tego te same punkta kierunkowe.

Tak samo kierunki te potrzebne są do ostatecznego oznaczenia korony tamy przy wyrównywaniu narzutów.

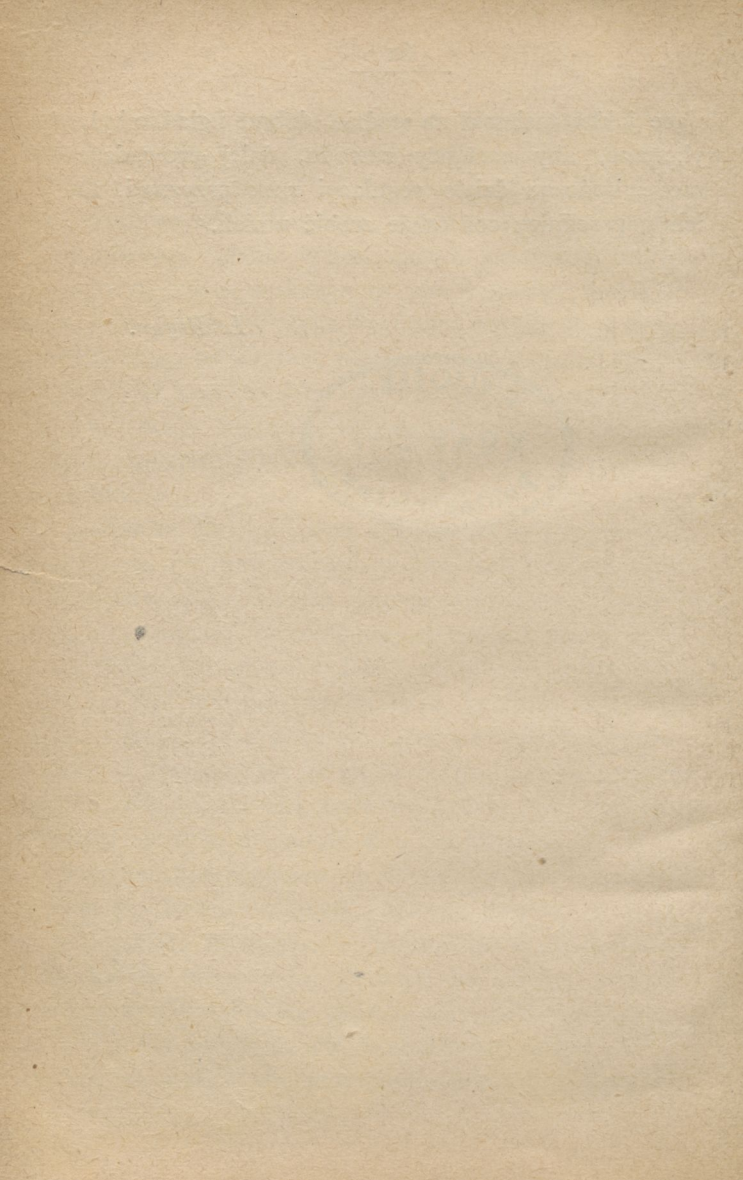
A zresztą choćby nawet opisane metody wytyczania, oparte na racjonalnych podstawach i dające wyniki dobre, jakich rzecz sama i przepisy wymagają, — pociągały za sobą więcej trudu i czasu, niż inne, dające rezultaty z dalekiem przybliżeniem do tego, co być powinno, to przecież każdemu sprawą się tą zajmującemu powinno leżeć na sercu przeprowadzanie pomiaru bez względu na trudy i czas w taki sposób, aby to, co wykonuje w naturze, jak najwięcej było zbliżone do założonego projektu.

Inżynier budownictwa wodnego nie jest w szczęśliwym położeniu architektki, którego dziełami każdy, nawet laik się zachwyca; — przeciwnie mało jest takich, którzy pracę jego oceniają, bo zresztą poważniejsze wyniki tej pracy okazują się dopiero znacznie później i nie każdemu jest dane ich się doczekać; — niechże się stara, aby przynajmniej te tamy, wyglą-

dające jakby tasiemki na wodzie, dobrze i gładko były wykonane, aby następcy zawodu, dalej prowadząc i może kończąc dzieło regulacyi rzek przyznali, że i ich poprzednicy coś także zrobić umieli.

L. Regiec.





Sprostowanie błędów drukarskich.

Strona	Wiersz		zamiast	ma być
	z góry	z dołu		
11	12	—	łuczek długością	łuczek o długości
12	13	—		sin
25	13	—	28.64789	28.64789
32	—	6	nn	na
33	—	4	BC	BE
42	14	—	III. dla	III - dla
42	—	2	A'O'	A ¹ O ¹
47	—	10	32·147	32·146
48	6	—	287	28y
48	—	3	13·7	18·7
56	—	7	O'A'	AA ¹
57	2	—	45·66	44·66
57	11	—	B' C'	B'' C'
58	—	10	można lub	można, lub
59	9	—	mała	mała,
Tab.I	—	9	106·16	116·16
Tab.IV	—	30	15·589	16·589

10

S-96

S. 61



Tabela Nr. I.

dla łuków o promieniu r do 500 m .

element łuku $l = 4 \frac{r}{100}$, jego kąt obwodowy $\alpha = 1^{\circ} - 8' - 45''$, środkowy $2\alpha = 2^{\circ} - 17' - 30''$, $n\alpha = n \times 1.1459156^{\circ}$.

L. p. elementu łuku = n	Długość łuku = $n \cdot 4 \frac{r}{100}$	K i e r u n k i			Rzędne od stycznej		Kierunek stycznej w n	Kąt obwodowy elementów łuku $n\alpha$
		s t y c z n y c h		cięciw	odcinek x_n	rzędna y_n		
		$(+)$ $\frac{D}{100} \operatorname{tg}(2n-1)\alpha$	$(+)$ $\frac{r}{100} \operatorname{tg}(2n-1)\alpha$ $\operatorname{tg} \frac{2n-1}{2}\alpha$				$\frac{D}{100} \operatorname{tg} n\alpha$	
				$\sin 2n\alpha$	$(1 - \cos 2n\alpha)$	$(\sec 2n\alpha - 1)$		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	4	2.00	0.02	2.00	4.00	0.08	0.08	1° — 8' — 45''
2	8	6.00	0.18	4.00	7.99	0.32	0.32	2 — 17 — 31
3	12	10.03	0.50	6.00	11.97	0.72	0.72	3 — 26 — 15
4	16	14.09	0.98	8.02	15.93	1.28	1.29	4 — 35 — 00
5	20	18.19	1.64	10.03	19.87	1.99	2.03	5 — 43 — 46
6	24	22.36	2.47	12.06	23.77	2.87	2.95	6 — 52 — 31
7	28	26.60	3.47	14.09	27.64	3.89	4.05	8 — 1 — 16
8	32	30.93	4.67	16.14	31.45	5.08	5.35	9 — 10 — 01
9	36	35.37	6.07	18.20	35.23	6.41	6.85	10 — 18 — 46
10	40	39.94	7.67	20.27	38.94	7.89	8.57	11 — 27 — 33
11	44	44.66	9.51	22.36	42.59	9.52	10.53	12 — 36 — 18
12	48	49.55	11.60	24.47	46.18	11.30	12.74	13 — 45 — 3
13	52	54.63	13.95	26.59	49.69	13.22	15.23	14 — 53 — 48
14	56	59.94	16.57	28.76	53.12	15.27	18.03	16 — 2 — 33
15	60	65.52	19.54	30.93	56.46	17.47	21.16	17 — 11 — 20
16	64	71.39	22.87	33.14	59.72	19.79	24.67	18 — 20 — 5
17	68	77.61	26.57	35.37	62.88	22.24	28.61	19 — 28 — 50
18	72	84.23	30.74	37.64	65.94	24.82	33.01	20 — 37 — 35
19	76	91.31	35.41	39.94	68.89	27.52	37.96	21 — 46 — 20
20	80	98.93	40.67	42.27	71.74	30.33	43.53	22 — 55 — 6
21	84	107.17	46.57	44.66	74.46	33.25	49.82	24 — 3 — 51
22	88	106.16	53.27	47.08	77.07	36.28	56.95	25 — 12 — 36
23	92	126.02	60.87	49.55	79.56	39.42	65.07	26 — 21 — 21
24	96	136.92	69.55	52.06	81.92	42.65	74.36	27 — 30 — 6
25	100	149.10	79.53	54.63	84.15	45.97	85.08	28 — 38 — 52
26	104	162.81	91.07	57.26	86.24	49.38	97.54	29 — 47 — 38
27	108	178.43	104.54	59.94	88.20	52.87	112.17	30 — 56 — 23
28	112	196.47	120.45	62.69	90.01	56.43	129.53	32 — 5 — 8
29	116	217.58	139.47	65.52	91.68	60.07	150.41	33 — 13 — 54
30	120	242.73	162.52	68.41	93.20	63.76	175.97	34 — 22 — 39

Tabela Nr. II.

dla łuków o promieniu $r = 500$ do 1000 m.

Element łuku $l = 3 \frac{r}{100}$, jego kąt obwodowy $\alpha = 51' 34''$, środkowy $2\alpha = 1^\circ 43' 8''$ $n\alpha^\circ = 0.8594367^\circ \times n$.

L. p. elementu łuku = n	Długość łuku = $n \cdot 2 \cdot \frac{r}{100}$	Kierunki			Rzędne od stycznnej		Kierunek stycznnej w n	Kąt obwodowy elementu łuku $n\alpha$
		stycznych		cięciw	odcinek xn	rzędna yn		
		$(+)$ $\frac{D}{100} \operatorname{tg}(2n-1)\alpha$	$(+)$ $\frac{r}{100} \operatorname{tg} \frac{2n-1}{2} \alpha$				$\frac{D}{100} \operatorname{tg} n\alpha$	
				sin $2n\alpha$	$(1 - \cos 2n\alpha)$	$(\sec 2n\alpha - 1)$		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	3	1.50	0.01	1.50	3.00	0.045	0.045	0°—51'—34''
2	6	4.50	0.10	3.00	6.00	0.180	0.180	1—43—8
3	9	7.51	0.27	4.50	8.99	0.405	0.41	2—34—42
4	12	10.54	0.56	6.01	11.97	0.72	0.72	3—26—15
5	15	13.58	0.91	7.51	14.94	1.12	1.14	4—17—50
6	18	16.65	1.37	9.02	17.90	1.62	1.64	5—9—24
7	21	19.75	1.91	10.54	20.85	2.20	2.25	6—0—58
8	24	22.89	2.58	12.06	23.77	2.87	2.95	6—52—32
9	27	26.07	3.34	13.58	26.67	3.62	3.76	7—44—6
10	30	29.30	4.20	15.11	29.55	4.47	4.67	8—35—40
11	33	32.58	5.16	16.65	32.41	5.40	5.70	9—27—14
12	36	35.94	6.25	18.20	35.23	6.41	6.85	10—18—48
13	39	39.36	7.45	19.75	38.02	7.51	8.12	11—10—22
14	42	42.87	8.79	21.31	40.78	8.69	9.52	12—1—56
15	45	46.47	10.26	22.89	43.50	9.96	11.06	12—53—30
16	48	50.17	11.87	24.47	46.18	11.30	12.74	13—45—4
17	51	53.98	13.63	26.07	48.82	12.73	14.58	14—36—38
18	54	57.92	15.54	27.68	51.41	14.23	16.59	15—28—12
19	57	62.00	17.66	29.30	53.96	15.81	18.78	16—19—46
20	60	66.23	19.95	30.93	56.46	17.47	21.16	17—11—20
21	63	70.64	23.43	32.58	58.97	19.20	23.76	18—2—53
22	66	75.24	25.14	34.25	61.31	21.00	26.58	18—54—27
23	69	80.04	28.08	35.94	63.65	22.87	29.66	19—46—1
24	72	85.09	31.29	37.64	65.94	24.82	33.01	20—37—35
25	75	90.40	34.80	39.36	68.16	26.83	36.67	21—29—9
26	78	96.00	38.62	41.10	70.33	28.91	40.66	22—20—43
27	81	101.94	42.79	42.87	72.43	31.05	45.03	23—12—17
28	84	108.25	47.37	44.66	74.46	33.25	49.82	24—3—51
29	87	114.99	52.38	46.47	76.43	35.52	55.08	24—55—25
30	90	122.21	57.90	48.31	78.33	37.84	60.87	25—46—59
31	93	129.97	63.98	50.17	80.16	40.22	67.27	26—38—33
32	96	138.37	70.72	52.06	81.92	42.65	74.36	27—30—7
33	99	147.49	78.19	53.99	83.60	45.13	82.25	28—21—41
34	102	157.46	86.53	55.94	85.21	47.66	91.07	29—13—15
35	105	168.43	95.87	57.92	86.74	49.76	100.98	30—4—49''



Tabela Nr. III.

dla łuków o promieniu $r = 1000$ do $2000 m$.

Element łuku $l = 2 \frac{r}{100}$, jego kąt obwodowy $\alpha = 34' - 22.6''$, środkowy $2\alpha = 1^\circ 8' - 45.3''$, $n\alpha = n \times 0.5729578^\circ$.

L. p. elementu łuku = n	Długość łuku = $n \cdot 2 \cdot \frac{r}{100}$	K i e r u n k i			Rzędne od stycznej		Kierunek stycznej w n	Kąt obwodowy elementu łuku $n\alpha$
		s t y c z n y c h		cięciw	odcinek x_n	rzędna y_n		
		$\left(\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}\right) \frac{D}{100} \operatorname{tg}(2n-1)\alpha$	$\left(\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}\right) \frac{r}{100} \operatorname{tg}(2n-1)\alpha$				$\frac{D}{100} \operatorname{tg} n\alpha$	
				$\sin 2n\alpha$	$(1 - \cos 2n\alpha)$	$(\sec 2n\alpha - 1)$		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	2	1.00	0.005	1.000	2.00	0.020	0.020	0° — 34' — 23''
2	4	3.001	0.045	1.999	3.999	0.080	0.080	1 — 8 — 45
3	6	5.003	0.125	3.001	5.996	0.180	0.181	1 — 43 — 9
4	8	7.011	0.245	4.002	7.992	0.320	0.321	2 — 17 — 31
5	10	9.024	0.406	5.003	9.983	0.500	0.502	2 — 51 — 54
6	12	11.044	0.608	6.007	11.971	0.719	0.724	3 — 26 — 16
7	14	13.072	0.850	7.011	13.954	0.978	0.986	4 — 0 — 39
8	16	15.130	1.135	8.016	15.932	1.277	1.294	4 — 35 — 1
9	18	17.165	1.463	9.024	17.903	1.616	1.641	5 — 9 — 24
10	20	19.232	1.832	10.032	19.867	1.993	2.034	5 — 43 — 46
11	22	21.314	2.245	11.044	21.823	2.410	2.470	6 — 18 — 9
12	24	23.414	2.704	12.058	23.770	2.866	2.950	6 — 52 — 31
13	26	25.534	3.208	13.072	25.708	3.361	3.477	7 — 26 — 54
14	28	27.675	3.758	14.092	27.636	3.895	4.052	8 — 1 — 16
15	30	29.841	4.357	15.113	29.552	4.466	4.675	8 — 35 — 39
16	32	32.031	5.005	16.138	31.457	5.076	5.348	9 — 10 — 1
17	34	34.252	5.702	17.165	33.349	5.725	6.072	9 — 44 — 24
18	36	36.501	6.453	18.196	35.227	6.410	6.850	10 — 18 — 47
19	38	38.786	7.257	19.232	37.092	7.134	7.681	10 — 53 — 10
20	40	41.106	8.119	20.271	38.942	7.894	8.570	11 — 27 — 33
21	42	43.463	9.037	21.314	40.776	8.691	9.518	12 — 1 — 56
22	44	45.862	10.014	22.362	42.594	9.525	10.528	12 — 36 — 18
23	46	48.304	11.053	23.414	44.395	10.395	11.601	13 — 10 — 41
24	48	50.795	12.161	24.470	46.178	11.301	12.740	13 — 45 — 00
25	50	53.337	13.336	25.534	47.943	12.242	13.949	14 — 19 — 23
26	52	55.935	14.580	26.602	49.688	13.218	15.232	14 — 53 — 48
27	54	58.593	15.900	27.675	51.414	14.229	16.590	15 — 28 — 11
28	56	61.311	17.298	28.755	53.119	15.275	18.028	16 — 2 — 33
29	58	64.097	18.777	29.841	54.802	16.354	19.551	16 — 36 — 56
30	60	66.955	20.345	30.933	56.464	17.466	21.162	17 — 11 — 18
31	62	69.892	22.002	32.031	58.103	18.612	22.865	17 — 45 — 41
32	64	72.911	23.757	33.138	59.720	19.790	24.673	18 — 20 — 3
33	66	76.020	25.614	34.252	61.312	21.001	26.583	18 — 54 — 26
34	68	79.224	27.579	35.373	62.879	22.243	28.605	19 — 28 — 49
35	70	82.533	29.661	36.501	64.422	23.516	30.745	20 — 3 — 12
36	72	85.951	31.860	37.639	65.938	24.819	33.013	20 — 37 — 35
37	74	89.490	34.195	38.787	67.429	26.153	35.411	21 — 11 — 57
38	76	93.158	36.567	39.941	68.892	27.516	37.962	21 — 46 — 20
39	78	96.965	39.292	41.106	70.328	28.908	40.664	22 — 20 — 43
40	80	100.924	42.075	42.279	71.736	30.329	43.533	22 — 55 — 6
41	82	105.045	45.031	43.463	73.115	31.780	46.581	23 — 29 — 29
42	84	109.342	48.175	44.657	74.464	33.254	49.821	24 — 3 — 51
43	86	113.833	51.518	45.862	75.784	34.756	53.272	24 — 38 — 14
44	88	118.531	55.078	47.078	77.074	36.285	56.948	25 — 12 — 36
45	90	123.459	58.875	48.304	78.333	37.839	60.872	25 — 46 — 59
46	92	128.637	62.932	49.545	79.560	39.418	65.066	26 — 21 — 22
47	94	134.085	67.268	50.796	80.756	41.021	69.551	26 — 55 — 44
48	96	139.837	71.913	52.062	81.919	42.648	74.362	27 — 30 — 7
49	98	145.917	76.891	53.337	83.050	44.298	79.524	28 — 4 — 29
50	100	152.366	82.250	54.629	84.147	45.970	85.080	28 — 38 — 52



Tabela Nr. IV.

dla łuków o promieniu nad 2000 m.

Element łuku $l = 1.5 \frac{r}{100}$ jego kąt obwodowy $\alpha = 25' 47''$, środkowy $2\alpha = 51' 34''$, $n\alpha^\circ = n \times 0.4297183^\circ$.

L. p. elementu łuku = n	$\frac{r}{100}$ Długość łuku = n. 1.5 $\frac{r}{100}$	K i e r u n k i			Rzędne od stycznej		Kierunek stycznej w n	Kąt obwodowy u elementów łuku n α
		s t y c z n y c h		cięciw	odeinek x_n	rzędna y_n		
		$(+)$ $\frac{D}{100} \operatorname{tg} (2n-1)\alpha$	$(+)$ $\frac{r}{100} \operatorname{tg} (2n-1)\alpha$	$\frac{D}{100} \operatorname{tg} n\alpha$	$\frac{1}{r}$			
					$\sin 2n\alpha$	$(1 - \cos 2n\alpha)$	$(\sec 2n\alpha - 1)$	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	1.5	0.749	0.008	0.749	1.500	0.011	0.011	0° — 25' — 47''
2	3.	2.250	0.025	1.500	3.000	0.045	0.045	0 — 51 — 34
3	4.5	3.751	0.070	2.250	4.498	0.102	0.101	1 — 17 — 21
4	6.	5.255	0.138	3.001	5.996	0.180	0.180	1 — 43 — 8
5	7.5	6.760	0.228	3.751	7.483	0.282	0.282	2 — 8 — 55
6	9.	8.268	0.340	4.503	8.988	0.405	0.406	2 — 34 — 42
7	10.5	9.781	0.476	5.255	10.480	0.553	0.554	3 — 0 — 29
8	12.	11.297	0.635	6.007	11.971	0.719	0.724	3 — 26 — 16
9	13.5	12.819	0.817	6.760	13.458	0.911	0.918	3 — 52 — 3
10	15.	14.347	1.023	7.514	14.944	1.123	1.136	4 — 17 — 50
11	16.5	15.881	1.252	8.268	16.425	1.359	1.377	4 — 43 — 37
12	18.	17.424	1.506	9.025	17.903	1.616	1.642	5 — 9 — 24
13	19.5	18.972	1.783	9.781	19.376	1.896	1.932	5 — 35 — 11
14	21.	20.532	2.086	10.537	20.846	2.197	2.246	6 — 0 — 58
15	22.5	22.100	2.412	11.297	22.310	2.521	2.586	6 — 26 — 45
16	24.	23.678	2.764	12.058	23.770	2.866	2.951	6 — 52 — 32
17	25.5	25.268	3.143	12.819	25.224	3.235	3.342	7 — 18 — 19
18	27.	26.870	3.547	13.583	26.673	3.623	3.759	7 — 44 — 6
19	28.5	28.484	3.976	14.347	28.115	4.040	4.204	8 — 9 — 53
20	30.	30.114	4.435	15.114	29.552	4.466	4.675	8 — 35 — 40
21	31.5	31.758	4.921	15.881	30.981	4.921	5.175	9 — 1 — 27
22	33.	33.416	5.436	16.651	32.404	5.396	5.704	9 — 27 — 14
23	34.5	35.093	5.977	17.424	33.819	5.894	6.261	9 — 53 — 1
24	36.	36.787	6.552	18.197	35.227	6.410	6.849	10 — 18 — 48
25	37.5	38.499	7.153	18.972	36.626	6.950	7.468	10 — 44 — 35
26	39.	40.232	7.789	19.751	38.019	7.509	8.119	11 — 10 — 22
27	40.5	41.986	8.455	20.532	39.401	8.091	8.802	11 — 36 — 9
28	42.	43.760	9.155	21.314	40.776	8.691	9.519	12 — 1 — 56
29	43.5	45.560	9.890	22.100	42.140	9.314	10.269	12 — 27 — 43
30	45.	47.384	10.657	22.888	43.500	9.955	11.056	12 — 53 — 30
31	46.5	49.233	11.462	23.678	44.842	10.619	11.879	13 — 19 — 17
32	48.	51.111	12.304	24.472	46.178	11.301	12.740	13 — 45 — 4
33	49.5	53.017	13.184	25.268	47.503	12.004	13.640	14 — 10 — 51
34	51.	54.955	14.104	26.068	48.818	12.726	14.581	14 — 36 — 38
35	52.5	56.924	15.067	26.870	50.120	13.468	15.564	15 — 2 — 25
36	54.	58.928	16.070	27.676	51.414	14.229	15.589	15 — 28 — 12
36	55.5	60.966	17.117	28.484	52.694	15.011	17.661	15 — 53 — 59
38	57.	63.043	18.213	29.298	53.963	15.810	18.779	16 — 19 — 46
39	58.5	65.160	19.356	30.114	55.219	16.630	19.946	16 — 45 — 33
40	60.	67.319	20.548	30.933	56.464	17.466	21.163	17 — 11 — 19
41	61.5	69.520	21.791	31.757	57.695	18.323	22.433	17 — 37 — 6
42	63.	71.768	23.088	32.584	58.914	19.197	23.758	18 — 2 — 53
43	64.5	74.066	24.442	33.416	60.119	20.091	25.140	18 — 28 — 40
44	66.	76.416	25.854	34.253	61.312	21.001	26.583	18 — 54 — 27
45	67.5	78.817	27.327	35.093	62.489	21.930	28.089	19 — 20 — 14
46	69.	81.280	28.866	35.937	63.653	22.875	29.660	19 — 46 — 1
47	70.5	83.802	30.471	36.786	64.802	23.840	31.300	20 — 11 — 48
48	72.	86.387	32.146	37.640	65.938	24.819	33.013	20 — 37 — 35
49	73.5	89.041	33.897	38.499	67.058	25.818	34.801	21 — 3 — 22
50	75.	91.768	35.725	39.362	68.164	26.831	36.670	21 — 29 — 9
51	76.5	94.569	37.635	40.232	69.253	27.862	38.622	21 — 54 — 56
52	78.	97.452	39.631	41.106	70.328	28.908	40.664	22 — 20 — 43
53	79.5	100.421	41.719	41.985	71.385	29.972	42.800	22 — 46 — 30
54	81.	103.479	43.902	42.869	72.429	31.050	45.033	23 — 12 — 17
55	82.5	106.635	46.188	43.760	73.454	32.146	47.371	23 — 38 — 04
56	84.	109.893	48.581	44.657	74.464	33.254	49.821	24 — 3 — 51
57	85.5	113.259	51.088	45.559	75.456	34.379	52.388	24 — 29 — 38
58	87.	116.744	53.718	46.469	76.433	35.517	55.080	24 — 55 — 25
59	88.5	120.352	56.475	47.384	77.390	36.672	57.906	25 — 21 — 12
60	90.	124.092	59.370	48.304	78.333	37.839	60.872	25 — 46 — 59
61	91.5	127.975	62.411	49.233	79.255	39.021	63.990	26 — 12 — 46
62	93.	132.010	65.611	50.169	80.162	40.217	67.270	26 — 38 — 33
63	94.5	136.205	68.973	51.111	81.049	41.426	70.723	27 — 4 — 20
64	96.	140.579	72.518	52.062	81.919	42.648	74.362	27 — 30 — 7
65	97.5	145.141	76.255	53.017	82.769	43.934	78.200	27 — 55 — 54

Tab. I.

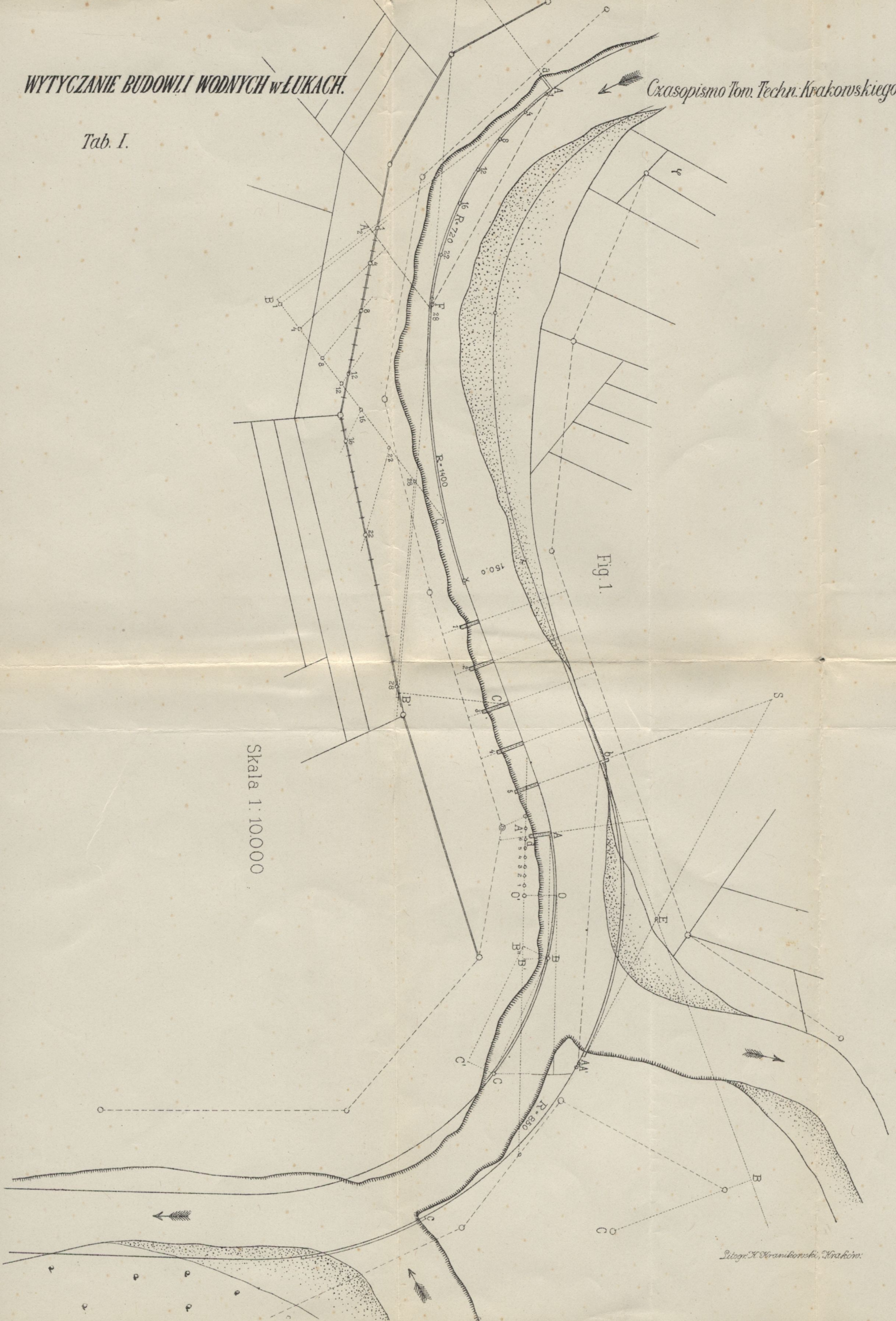


Fig. 1.

Skala 1:10000

I

I



Tab. II.

Fig. 2.

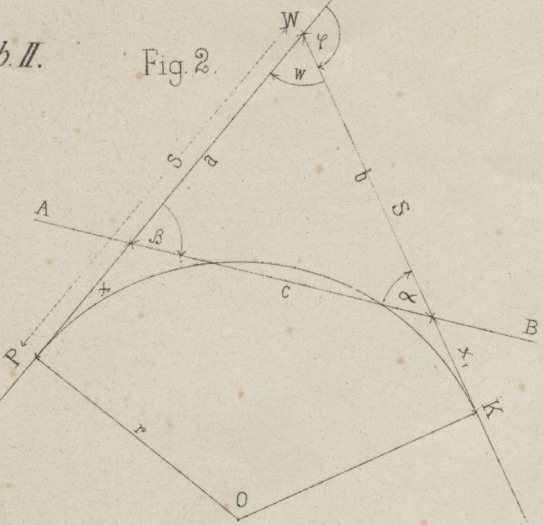


Fig. 3.

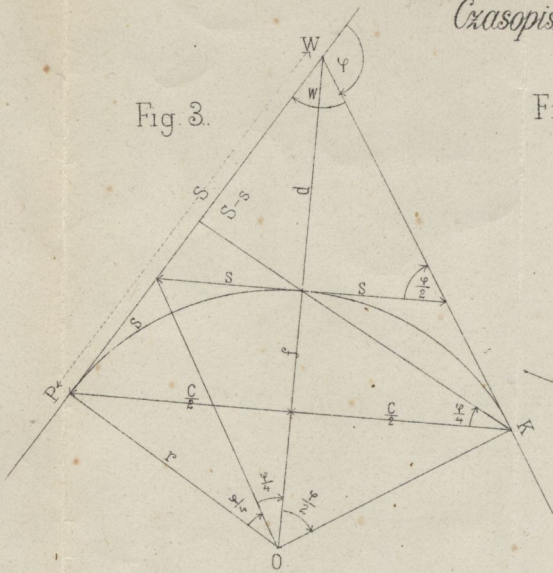


Fig. 4.

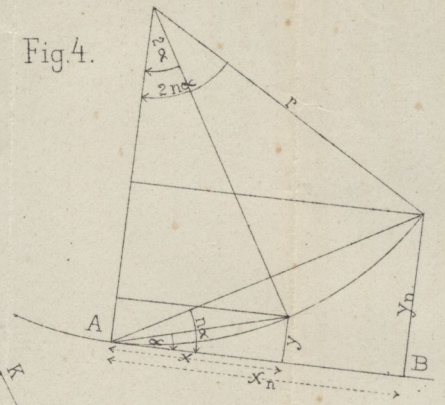


Fig. 5.

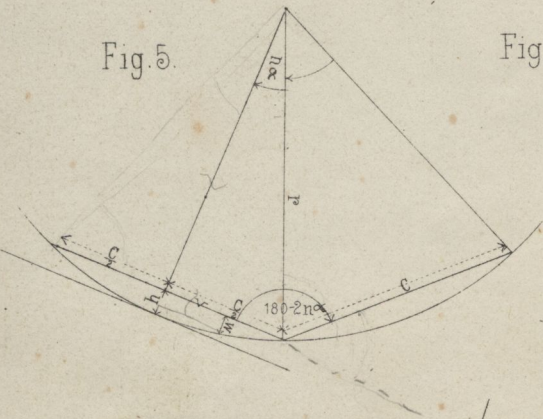


Fig. 6.

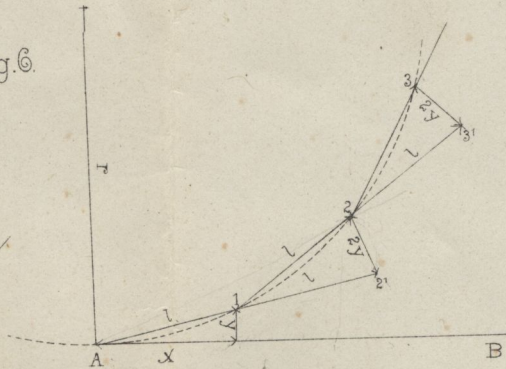


Fig. 7.

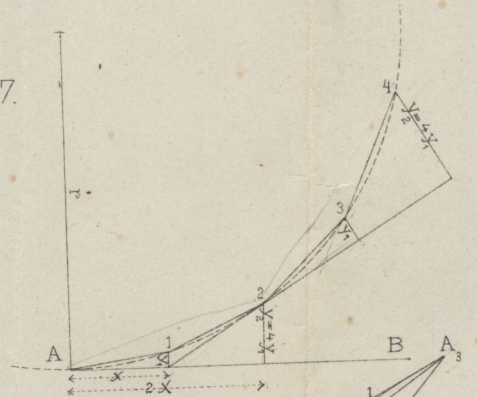


Fig. 8.

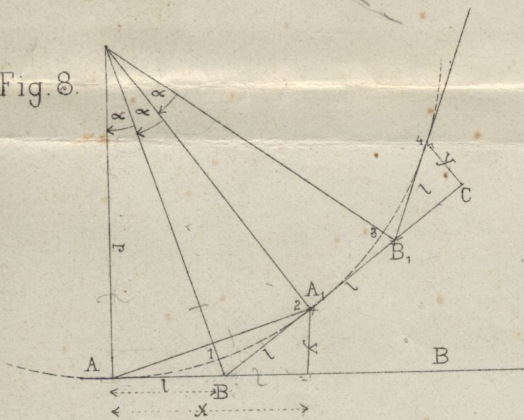


Fig. 9.

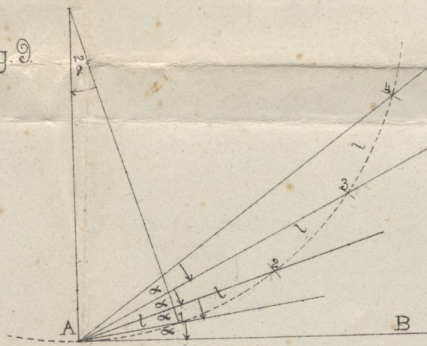


Fig. 10.

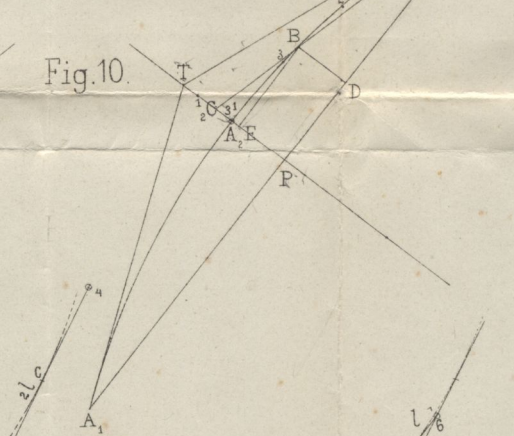


Fig. 11.

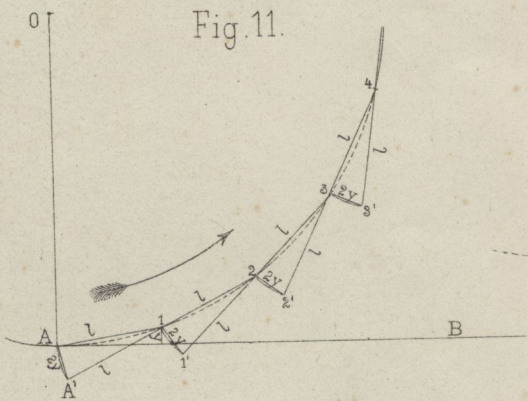


Fig. 12.

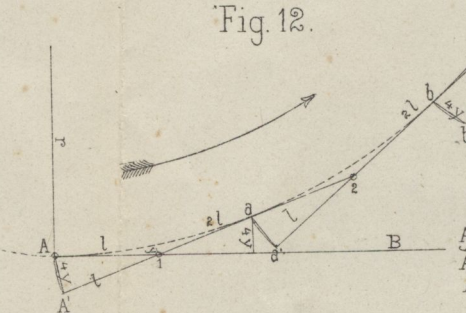


Fig. 13.

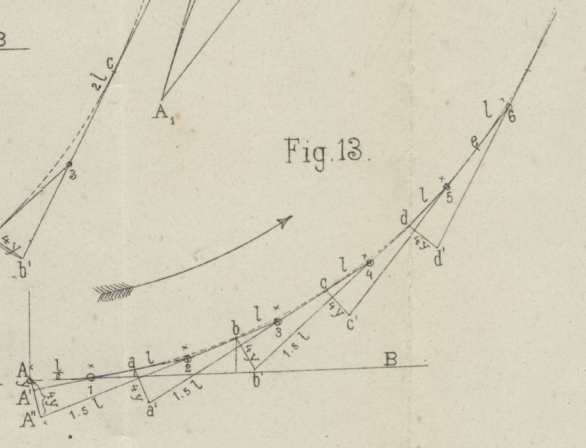
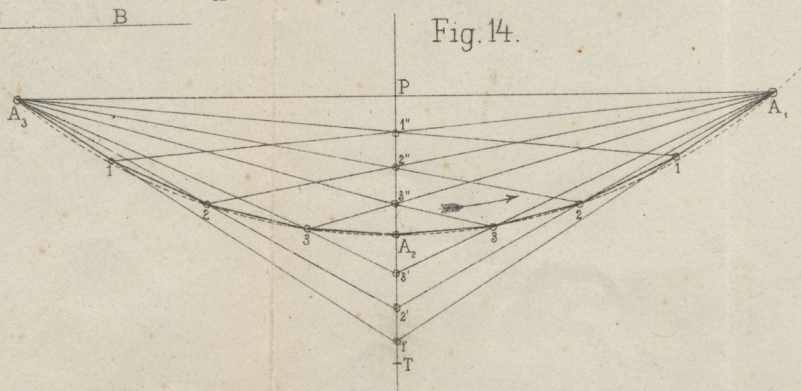


Fig. 14.



//

//



Tab. III.

Fig. 15.

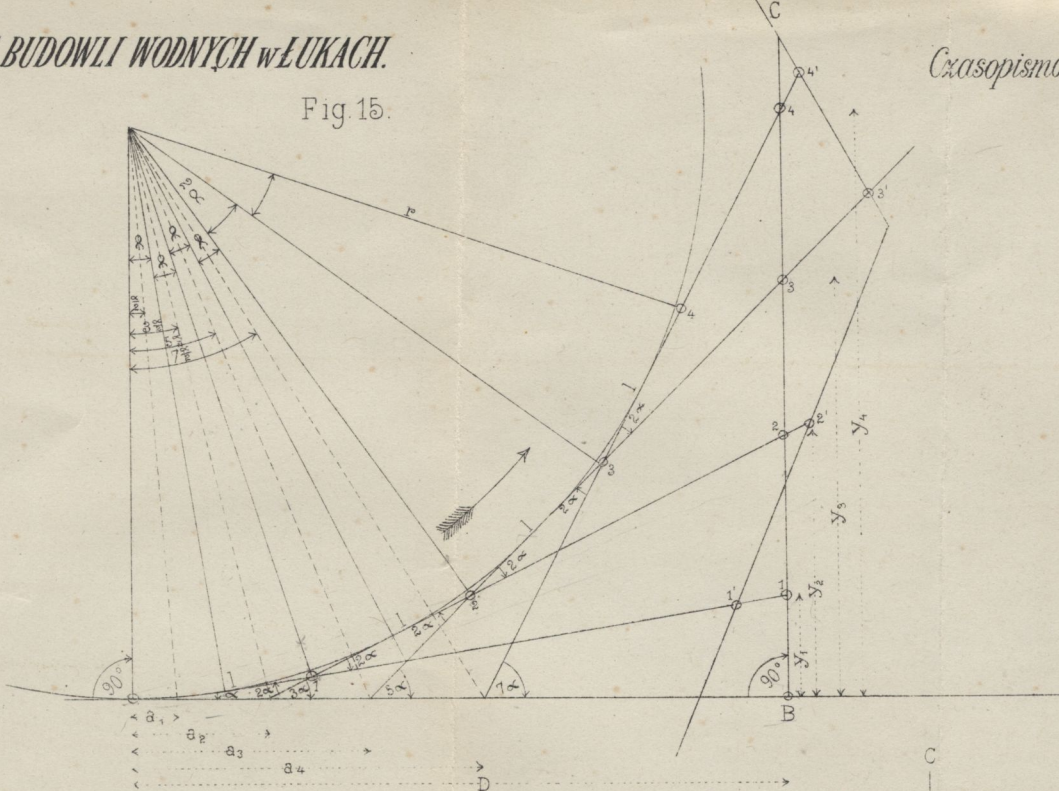


Fig. 16.

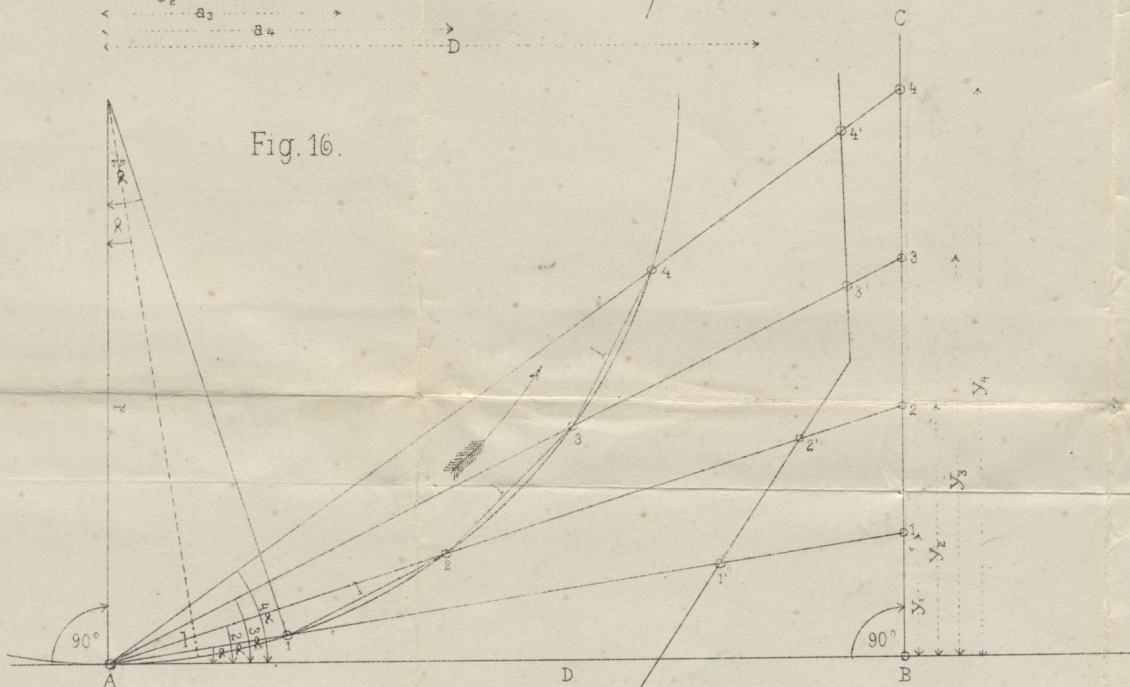


Fig. 17.

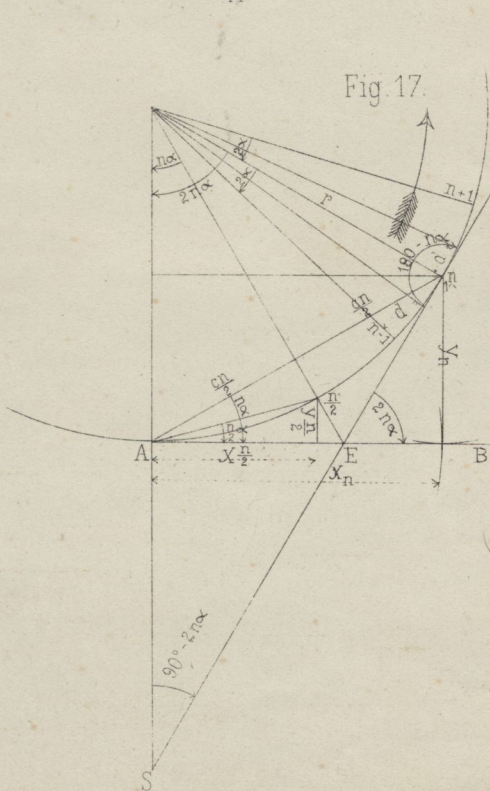


Fig. 18.

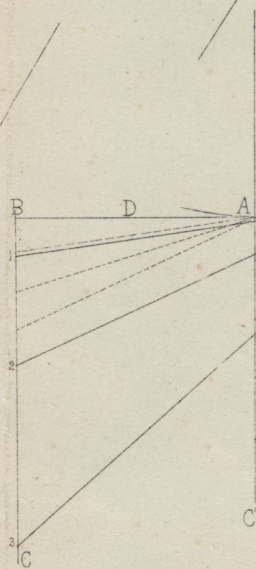
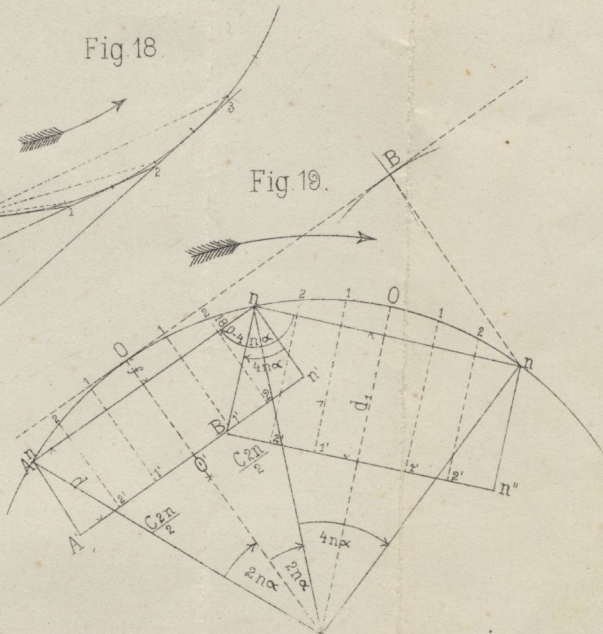


Fig. 19.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. 30212

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000340230