

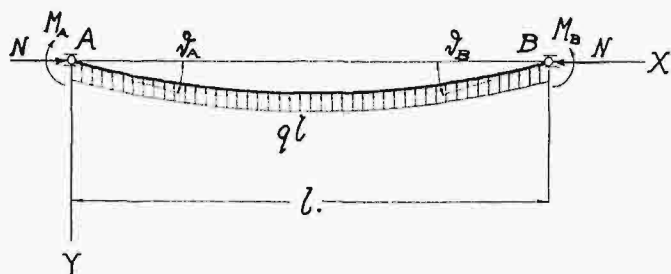
TREŚĆ: Prof. Dr. M. T. Huber: O krańcowych wartościach momentu zginającego w prostym przypadku belki podłużnie ściskanej. — Dr. Cz. Thullie: Polskie zamki i miasta warowne. — Inż. Cz. Kanafojski: Przyczynek do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki. (Ciąg dalszy). — Wiadomości z literatury technicznej. — Sprostowanie. — Zebrania i odczyty w Towarzystwie.

Prof. Dr. M. T. Huber.

O krańcowych wartościach momentu zginającego w prostym przypadku belki podłużnie ściskanej.

I.

Zadanie uzmysłowione rysunkiem (1) rozpatrywam w artykule ogłoszonym w *Przeł. Techn.* z r. 1930 i w publikacji Instytutu Badań Techn. Lotnictwa p. t. „Wybrane zagadnienia wytrzymałościowe w konstrukcjach lotniczych”. Rysunek odpowiada widocznie przy-



Rys. 1.

jęciu, że momenty (dodatnie) działające na końce belki przeważają nad momentami wywołanymi równomiernym obciążeniem od spodu, tak iż belka wygina się wypukłością w dół. Oczywiście może być i odwrotnie. Wogóle mamy następujące wyrażenie dla momentu w dowolnym przekroju x belki:

$$(1) \quad M = M_A + (M_A - qk^2) \left(\cos \frac{x}{k} - \cotg \frac{l}{k} \sin \frac{x}{k} - 1 \right) + \\ + (M_B - qk^2) \operatorname{cosec} \frac{l}{k} \sin \frac{x}{k}$$

(w publikacjach przytoczonych nosi to równanie numer 4).

Tutaj jest $k = \sqrt{\frac{EI}{N}}$, zaś warunkiem ograniczającym stosowalność wzoru (1) jest:

$$N < \pi^2 \frac{EI}{l^2} \equiv N_E,$$

albo też:

$$\frac{l}{k} \sqrt{\frac{N}{EI}} < \pi.$$

Gdyby bowiem wartość siły podłużnej N zbliżała się do wartości Eulerowskiej N_E , to nawet przy bardzo małych wartościach q , M_A i M_B zaszyłyby wygięcia tak wielkie, iż cały rachunek oparty na przybliżonym równaniu różniczkowym $EIy'' = -M$ stałby się illuzorycznym.

Zależność momentu M od sił zewnętrznych staje się bardziej przejrzystą, gdy wzór (1) przekształcimy w sposób następujący:

$$M = M_A \left(\cos \frac{x}{k} - \cotg \frac{l}{k} \sin \frac{x}{k} \right) + M_B \operatorname{cosec} \frac{l}{k} \sin \frac{x}{k} + \\ + qk^2 \left[1 - \cos \frac{x}{k} + \left(\cotg \frac{l}{k} \operatorname{cosec} \frac{l}{k} \right) \sin \frac{x}{k} \right];$$

$$(1a) \quad M = \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \left(M_A \sin \frac{l-x}{k} + M_B \sin \frac{x}{k} \right) -$$

$$- \frac{qk^2}{\sin \frac{l}{k}} \left[\sin \frac{l-x}{k} - \left(\sin \frac{l}{k} - \sin \frac{x}{k} \right) \right].$$

Z tej postaci wzoru widać wyraźnie:

1-o że M jest zależne linjowo od M_A , M_B i q , zaś przestępnie od N (które tkwi w parametrze k);

2-o przy dodatnich wartościach M_A i M_B jest odpowiednia im część momentu dodatnia na całej rozpiętości belki l ;

3-o druga część momentu odpowiadająca obciążeniu q jest na całej rozpiętości l ujemna.

To ostatnie wynika jeszcze wyraźniej z przekształcenia wyrażenia w klamrach:

$$\sin \frac{l-x}{k} - \left(\sin \frac{l}{k} - \sin \frac{x}{k} \right) = 2 \sin \frac{l}{k} \cdot \sec \frac{l}{2k} \sin \frac{x}{2k} \sin \frac{l-x}{2k}.$$

Dla $\frac{l}{2k} < \frac{\pi}{2}$ jest bowiem to wyrażenie dodatnie przy każdym x zawartem między 0 a l .

Napiszemy więc zamiast (1) lub (1a):

$$(1b) \quad M = \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \left(M_A \sin \frac{l-x}{k} + M_B \sin \frac{x}{k} \right) - \\ - 2qk^2 \sec \frac{l}{2k} \sin \frac{x}{2k} \sin \frac{l-x}{2k};$$

albo też:

$$(1b') \quad M = \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \left(M_A \sin \frac{l-x}{k} + M_B \sin \frac{x}{k} \right) - \\ - qk^2 \left(\frac{\cos \frac{l-2x}{2k}}{\cos \frac{l}{2k}} - 1 \right).$$

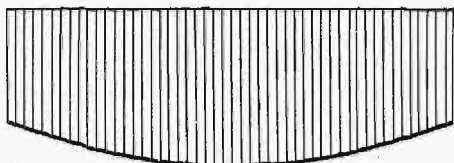
Przy założeniach odpowiadających rys. 1 będzie wykres momentów miał jedną z postaci przedstawionych na rys. 2, 3 i 4. Wtedy krańcowymi wartościami momentów zginających są dwie wartości dodatnie równe M_A i M_B oraz wartość ekstremalna M_{extr} . Sprawdzimy to analitycznie, pisząc najpierw (1a) w postaci:

$$(1c) \quad M = \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \left[qk^2 \sin \frac{l}{k} + (M_A - qk^2) \sin \frac{l-x}{k} + \right. \\ \left. + (M_B - qk^2) \sin \frac{x}{k} \right].$$

Stąd kolejno:

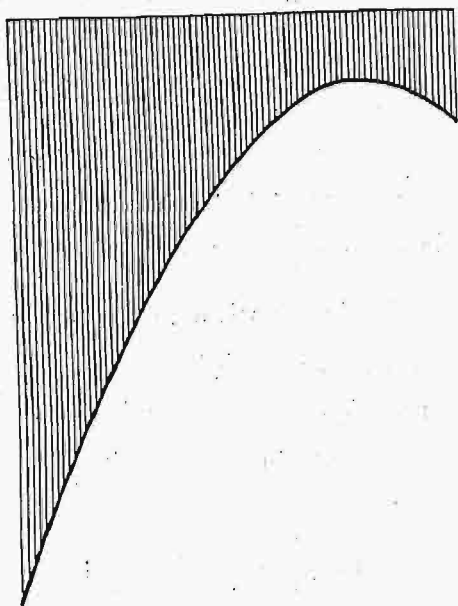
$$(2) \quad \frac{dM}{dx} = \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \left[-\frac{1}{k} (M_A - qk^2) \cos \frac{l-x}{k} + \right. \\ \left. + \frac{1}{k} (M_B - qk^2) \cos \frac{x}{k} \right],$$

$$(3) \quad \frac{d^2 M}{dx^2} = -\frac{1}{k^2 \sin \frac{l}{k}} \left[(M_A - qk^2) \sin \frac{l-x}{k} + (M_B - qk^2) \sin \frac{x}{k} \right].$$



Rys. 2.

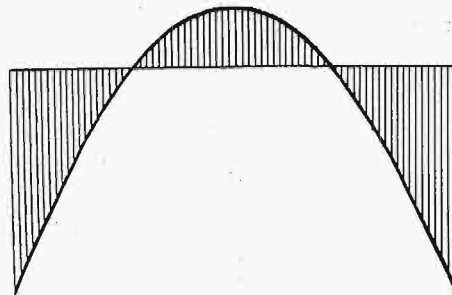
Jeżeli zatem przy dodatnich wartościach $(M_A - qk^2)$ i $(M_B - qk^2)$ znajdziemy taki przekrój x_1 , w którym $\frac{dM}{dx} = 0$, to według (3) jest w nim $\frac{d^2 M}{dx^2} < 0$, a więc



Rys. 3.

$(M)_{x=x_1} = M_{max}$ (rys. 2). Natomiast ujemne wartości $(M_A - qk^2)$ i $(M_B - qk^2)$ sprawiają, że $\frac{d^2 M}{dx^2} > 0$, a za-

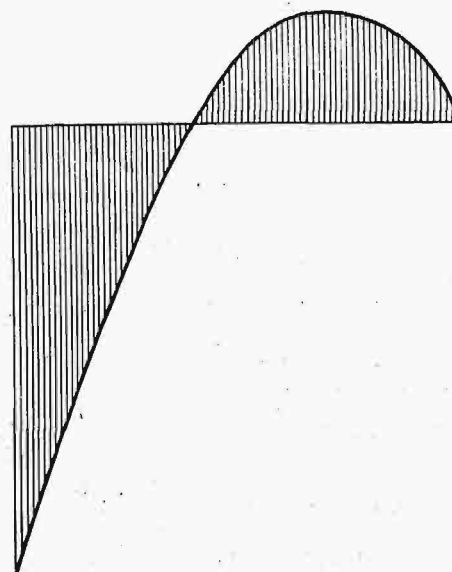
tem $(M)_{x=x_1} = M_{min}$ (rys. 3 albo 4 przy qk^2 znacznie większym od M_A i M_B ; rys. 5 przy $M_B = 0$ i rys. 6 przy ujemnej wartości M_B).



Rys. 4.

Inne przypadki załatwią dalsze wywody ulepszone i uproszczone w stosunku do odpowiednich miejsc w publikacjach przytoczonych na wstępie. Przekrój x_1 wyznaczmy z warunku $\left(\frac{dM}{dx}\right)_{x=x_1} = 0$, czyli:

$$(4) \quad -\frac{1}{k} (M_A - qk^2) \cos \frac{l-x_1}{k} + \frac{1}{k} (M_B - qk^2) \cos \frac{x_1}{k} = 0.$$



Rys. 5.

Stąd łatwo znaleźć:

$$(5) \quad \sin \frac{x_1}{k} = \frac{M_B - qk^2 - (M_A - qk^2) \cos \frac{l}{k}}{\pm \sqrt{(M_A - qk^2)^2 + (M_B - qk^2)^2 - 2(M_A - qk^2)(M_B - qk^2) \cos \frac{l}{k}}},$$

albo też:

$$(5a) \quad \sin \frac{x_1}{k} = \frac{2(M_A - qk^2) \sin^2 \frac{l}{2k} - (M_A - M_B)}{\pm \sqrt{(M_A - qk^2)^2 + (M_B - qk^2)^2 - 2(M_A - qk^2)(M_B - qk^2) \cos \frac{l}{k}}}.$$

Ażebym przekrój x_1 leżał między podporami, musi wyrażenie po prawej mieć wartość dodatnią. Jeżeli przeto wartość licznika jest dodatnia, to pierwiastkowi przypiszemy znak +, przy ujemnej zaś wartości licznika musi pierwiastek być wzięty ze znakiem -.

Po wstawieniu wartości (5) w równanie (1) otrzymujemy:

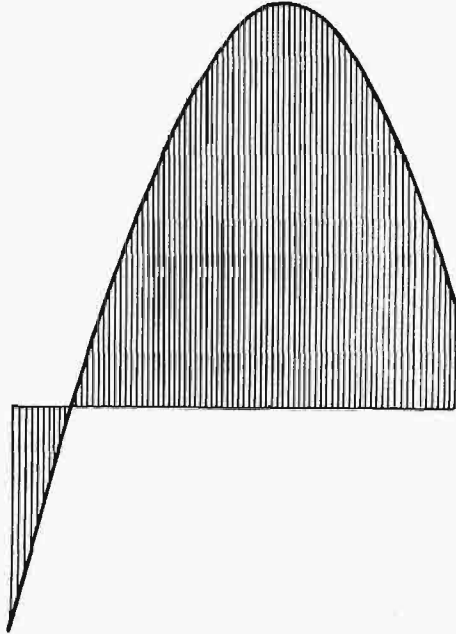
$$(6) \quad M_{extr} = qk^2 \pm \frac{1}{\sin \frac{l}{k}} \sqrt{(M_A - qk^2)^2 + (M_B - qk^2)^2 - 2(M_A - qk^2)(M_B - qk^2) \cos \frac{l}{k}},$$

zaś z równ. (3) znajdziemy:

$$(7) \quad \left(\frac{d^2 M}{dx^2}\right)_{x=x_1} = \mp \frac{1}{k^2 \sin \frac{l}{k}} \sqrt{(M_A - qk^2)^2 + (M_B - qk^2)^2 - 2(M_A - qk^2)(M_B - qk^2) \cos \frac{l}{k}}.$$

Przy pomocy wzorów (5), (6) i (7) można w każdym przypadku znaleźć odpowiedź na pytania następujące:
a) czy między podporami zachodzi ekstremum momentu?

b) czy to jest maximum, czy też minimum?



Rys. 6.

Otóż przy każdej dodatniej, różnej od zera wartości siły ściskającej N (a więc i k^2), oraz każdej dodatniej lub ujemnej wartości M_A i M_B jest prawa strona równania (5) ułamkiem właściwym, albowiem wogóle jest $(a+b \cos \alpha)^2 < a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha$ przy wszelkich dodatnich lub ujemnych a tylko różnych od zera wartościach a i b . A zatem wogóle możemy znaleźć na belce przekrój x_1 , w którym zachodzi ekstremum momentu (chybąby wypadło ze wzoru (5), że $x > l$, co zdarzyć się może, gdy momenty M_A i M_B są przeciwnego znaku). Algebraiczny znak wartości liczbowej licznika po prawej stronie równ. (5) rozstrzyga, jak zaznaczono powyżej, o znaku wartości pierwiastka w mianowniku, t. zn. czy zatrzymamy znak górny, czy też dolny, we wszystkich trzech wzorach (5), (6) i (7). W przypadku, gdy trzeba zatrzymać znak górny jest $\left(\frac{d^2 M}{dx^2}\right)_{x=x_1}$ ujemne, a więc moment ma wartość maximum określoną wzorem (6) ze znakiem + przed pierwiastkiem M_{min} odpowiada znakowi dolnemu, t. j. - we wzorze (6).

II.

Wszelkie powyższe wzory i wyniki nie tracą ważności w przypadku ogólniejszego ustalenia końców belki, a mianowicie utwierdzenia sprężystości podatnego. Wtedy jednakże momenty podporowe nie są wielkościami danymi, lecz dają się wyrazić linjowo przez kąty podporowe ϑ_A i ϑ_B . Wielkości oznaczone powyżej przez M_A i M_B będą miały teraz znaczenie momentów podporowych, t. j. momentów zginających w przekrojach podporowych. Nie będą zatem identyczne z momentami zewnętrznymi par sił działających na końce belki poza podporami. Oznaczmy je odpowiednio przez M_1 i M_2 .

Napiszemy więc:

$$(8) \quad M_A = M_1 - m_1 \cdot \vartheta_A; \quad M_B = M_2 - m_2 \cdot \vartheta_B.$$

Tutaj oznaczają m_1 i m_2 „moduły podatności sprężystej” ze względu na obrót przekrojów końcowych belki. Wyrażenie $m_1 \cdot \vartheta_A$ oznacza moment pary oddziaływania sprężystego utwierdzenia przy obrocie przekroju A o kąt ϑ_A .

Gdy w szczególności m_1 i m_2 zdużają do zera, to odnośny koniec belki zduża do stanu swobodnego podparcia. Skoro zaś m_1 lub m_2 rośnie nieograniczenie, to ustalenie końców staje się utwierdzeniem doskonałym czyli zupełnym.

W ten sposób wprowadziwszy wartość (8) otrzymamy wzory ogólne obejmujące cały zbiór sposobów ustalenia końców, od swobodnego podparcia, aż do zupełnego utwierdzenia. Założymy przytem oczywiście, że utwierdzenie końców bynajmniej nie utrudnia ich wzajemnego zbliżenia się wskutek wygięcia osi belki.

Po zastosowaniu wartości (8) we wzory (1) do (7) lub we wzory na ugięcia (3 i następne w artykułach na wstępie przytoczonych) otrzymujemy widocznie równania, których prawe strony zawierają niewiadome ϑ_A i ϑ_B . Wyznamy je z warunków krańcowych.

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = \vartheta_A; \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = -\vartheta_B.$$

Pomijając nietrudny, lecz dość uciążliwy rachunek i liczne przekształcenia, potrzebne do uzyskania formy przejrzystej i łatwej do sprawdzenia, przytoczymy wzory końcowe w postaci:

$$(9a) \quad \vartheta_A \cdot \Delta = \frac{M_1 \cdot l}{3EI} \left[F_2(\alpha) + \frac{m_2 \cdot l}{4EI} \cdot F_3(\alpha) \right] + \frac{M_2 \cdot l}{6EI} \cdot F_1(\alpha) - \frac{q \cdot l^3}{24EI} \cdot F_3(\alpha) \left[1 + \frac{m_2 \cdot l}{6EI} \cdot F_2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]$$

$$(9b) \quad \vartheta_B \cdot \Delta = \frac{M_1 \cdot l}{6EI} \cdot F_1(\alpha) + \frac{M_2 \cdot l}{3EI} \left[F_2(\alpha) + \frac{m_1 \cdot l}{4EI} \cdot F_3(\alpha) \right] - \frac{q \cdot l^3}{24EI} \cdot F_3(\alpha) \cdot \left[1 + \frac{m_1 \cdot l}{6EI} \cdot F_2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right].$$

Tutaj wprowadzono następujące oznaczenia:

$$(9c) \quad \Delta = 1 + \frac{(m_1 + m_2) \cdot l}{3EI} \cdot F_2(\alpha) + \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot l^2}{12(EI)^2} \cdot F_3(\alpha),$$

$$(9d) \quad \begin{cases} F_1(\alpha) = \frac{6}{\alpha} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\alpha} \right); & F_2(\alpha) = \frac{3}{\alpha} \left(\frac{1}{\alpha} - \cotg \alpha \right) \\ F_3(\alpha) = \frac{24}{\alpha^3} \left(\tg \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} \right); & \alpha = l \sqrt{\frac{N}{EI}}. \end{cases}$$

Funkcje F_1 , F_2 i F_3 były już wprowadzone w publikacjach na wstępie przytoczonych, gdzie też znajdują się tablice ich wartości liczbowych ułatwiające bardzo zastosowania.

Wypada jednak zaznaczyć, że funkcje oznaczano tam innymi symbolami według schematu:

$$F_1(\alpha) \equiv \text{nakom}(\alpha); \quad F_2 \equiv \text{napum}(\alpha); \quad F_3(\alpha) \equiv \text{naob}(\alpha).$$

Symboly te miały znaczenie mnemotechniczne objaśnione w wymienionych publikacjach.

Jak łatwo zauważyć wzory (9) przechodzą w przypadku $m_1 = m_2 = 0$, t. j. przy swobodnym podparciu końców we wzory (14) z pracy „O pewnym wypadku zgięcia belki podłużnie ściskanej ważnym w statyce lotniczej” (Inst. Bad. Techn. Lotn. Warszawa 1930), a mianowicie:

$$(14a) \quad \begin{cases} \vartheta_A = \frac{M_1 \cdot l}{3EI} \cdot F_2(\alpha) + \frac{M_2 \cdot l}{6EI} \cdot F_1(\alpha) - \frac{q \cdot l^3}{24EI} \cdot F_3(\alpha) \\ \vartheta_B = \frac{M_1 \cdot l}{6EI} \cdot F_1(\alpha) + \frac{M_2 \cdot l}{3EI} \cdot F_2(\alpha) - \frac{q \cdot l^3}{24EI} \cdot F_3(\alpha). \end{cases}$$

Tutaj jest oczywiście $M_1 = M_A$ i $M_2 = M_B$.

W drugim przypadku skrajnym, gdy $m_1 \rightarrow \infty$ i $m_2 \rightarrow \infty$ t. j. przy doskonałym utwierdzeniu, można widocznie przyjąć $M_1 = M_2 = 0$:

$$M_A = -\lim m_1 \cdot \vartheta_A; \quad \text{przy } \vartheta_A \rightarrow 0.$$

Wtedy znajdujemy bez trudności z wzorów (9a, b, c):

$$M_A = \frac{q \cdot l^2}{12} \cdot F_2(\alpha) = M_B,$$

a w szczególności, gdy $N=0$ czyli $\alpha=0$:

$$M_A = M_B = \frac{q \cdot l^2}{12}, \quad \text{jak być powinno.}$$

Polskie zamki i miasta warowne.

(Wyjątek z pracy p. t.: „Cechy obronne zabytków polskiego budownictwa“).

Polskie budownictwo warowne sięgało prastarych czasów pogańskiej Słowiańszczyzny; już podówczas umiano starannie wybrać odpowiednie miejsce dla założenia obronnego grodu. Samo zatem miejsce było już z natury obronne, odpowiednio dobrane w okolicy górzystej, lub też bagnistej. Nadto zabezpieczenia osad słowiańskich tworzyły warowne ogrodzenia. Najdawniejsze były osady nawodne, pobudowane na palach; również niedostępne były wzgórza i szczyty o spadzistych stokach, naroża płaskowzgórzy o urwistych ścianach, jakoteż okolice bagniste lub oblane wodami rzek i stawów.

Te najstarsze słowiańskie Grodziszcz (na Rusi zwane horodyszcz) miały umocnienia ziemne, t. j. wały z ziemi usypane w kształcie pierścienia; pierścień ten był najdawniejszym systemem obronnym. Wykopany przed wałem rów, a następnie wodą wypełniony, bronił skutecznie dostępu do wnętrza grodu, tembardziej, że nieraz sypano i drugi wał zewnętrzny z oddzielną fosą.

Wały ziemne wznoszono na podkładzie z belek dębowych, zaś u szczytu ich wbijano drewniane pale o ostrych końcach, czyli ostrokoły, tak wysoki, iż obrońcy mogli bezpiecznie strzelać z poza tej warownej palisady. (Rys. 1. Grodzisko, Anielska Góra). We wnętrzu wałów wznosił się zamek o ścianach wieńcowych, wlepionych gliną, a obok stała świątynia i domy mieszkalne. Gród taki tworzył zawiązek miasta i stawał się z czasem (po zaprowadzeniu chrześcijaństwa) osadą miejską, która skupiała życie handlowe i rzemieślnicze. Był to zatem zamek i miasto, powstałe z dawnego przygrodzia, a nieraz dołączyły się doń i przedmieścia, ujęte w całość warowną.

Grodziszcz o mniejszych rozmiarach przetworzyły się z czasem na zamki, czy też kościoły obronne. Zamki takie budowano według dwu typów. I tak zameczki mniejsze (16 do 20 metrów w kwadrat) wznosiły się na nasypie i otoczone były wałem z ostrokołem i ścieżką straży obronnej, całość otaczała fosa, wypełniona wodą. Budynek na nasypie wykonany był z potężnych belek dębowych, lub modrzewiowych i wznosił się w górę naksztalt wieży. Zamek taki nie o wiele różnił się od opisanych przez Witrowiusza budynków węglowych nad morzem Czarnem, gdzie układano na słowiański sposób belki poziomo w kwadrat ponad sobą w górę do wieżowej wysokości. Miejsca spojeń wypełnione były trzaskami i gliną, zaś wystające na 4 narożach dachy układano również z wieńców poziomych, które się ku górze stopniowo zwężały.

Typ drugi tworzyły zamki większe, które posiadały wały znacznie wyższe, wykonane z ziemi i drzewa, a czasem i z kamienia. Na takich wałach wznosiły się drewniane ściany z potężnych belek poziomych, przekładanych warstwami gliny, u góry zakończone zębami blankami, z poza których wyrzucał obrońca pociski z kuszy lub łuku. Te drewniane „mury“ wzmocniały w pewnych odstępach wieże, również drewniane i tak samo zakończone zębami na krosztynach. Również wieżową była brama wjazdowa, którą barykadowano na czas oblężenia dla większego bezpieczeństwa kamieniami, lub zasypywano ziemią. Zamek tego typu otaczały koncentryczne rowy i wały zewnętrzne; we wnętrzu mieścił budynek grodowy na piętrze salę, zaś u dołu składy i stajnie. Obok niego wznosiły się pomniejszych domostwa mieszkalne, albowiem kupiły się one na przygrodziu, tworząc tam całą obronną osadę.

Wały ziemne starosłowiańskich grodziszcz miały najczęściej zarys kolisty; dochowały się one jeszcze gdzieś i nieraz wyzyskano je do budowy późniejszych

zmków, z racji swego obronnego położenia. Taką pozostałością z prastarych czasów jest trzystumetrowy wał ziemny, który otacza ruiny na ostrowie jeziora Lednicy, jakoteż kopiec i takiż wał na wysypce Ledniczce. (Sokolówki. Ruiny na ostr. Lednicy).

Pierwotny system obronny polegał zatem głównie na obwarowaniach ziemnych w miejscach z natury samej niedostępnych; miejsca te zamykano współśrodkowymi pierścieniami wałów i fos. System ten przetrwał najdłużej na ziemiach ruskich w postaci t. zw. horodyszcz i dopiero za króla Kazimierza Wielkiego ustąpił on miejsca założeniom zamkowym średniowiecznego typu, który już podówczas w Polsce przyjął się powszechnie.

Ten typ warowni średniowiecznej stworzył już zwarte budowle, czyli właściwe zamki obronne. Zamiast dotychczasowych wałów, palisad drewnianych i zasieków, powstały potężne mury, wzniesione z kamienia lub cegły, wewnątrz których grupowały się budynki mieszkalne i gospodarcze. Wieże, czyli baszty obronne wznoszono przede wszystkim pośrodku zamku, następnie na narożach murów, oraz ponad bramą wjazdową, która wymagała, jako słaby punkt obwarowań, specjalnych umocnień. Tak mury, jak i baszty posiadały rzędy otworów strzelniczych. I nadal obronność miejsca była koniecznym warunkiem dla budowy zamku; do tego celu upatrywano zatem szczyt wyniosłego wzgórza, kraniec grzbietu, niedostępną wysypkę i t. p., przyczem od konfiguracji terenu zależny był zarys samego zamku, jakoteż i sposób założenia fortyfikacji.

Zanim jednak przyjął się w Polsce typ murowanych warowni, budowano przez długie wieki umocnienia zamkowe z drzewa. We wieku XI. i XII. aż do połowy XIII. stulecia było ciągle drzewo wątkiem budowlanym zamków, bo nawet stolica państwa, Kraków, miała podówczas drewniane „mury“, wzniesione z potężnych kłód i dyli dębowych, oraz z gliny z zębami blankami u góry. Dopiero w roku 1253 otoczył król Wacław miasto ceglany murami i wieżami, a następnie we wieku XIV. otrzymały i inne znaczniejsze miasta Polski murowane obwarowania. Pojawiły się za króla Kazimierza Wielkiego murowane zamki obronne niemal na całym terenie państwa, lecz mimoto grodów drewnianych było dość i podówczas. Zwłaszcza ziemie wschodnie trzymały się jeszcze przez długi czas uparcie dawnego sposobu budowania i dopiero we wieku XV. i XVI. kamień i cegła wypierały coraz bardziej drzewo z warownego budownictwa.

Wynalazek prochu strzelniczego i broni palnej był głównym powodem zamiany drewnianych warowni na murowane, a ponieważ wynalazek ten przyszedł do nas od Zachodu, dlatego też i pierwsze zamki murowane poczęto wznosić wzdłuż zachodnich granic Polski. Lecz i te pierwotne obwarowania z kamienia i cegły nie były obliczone na niszczycielską siłę pocisków armatnich. Mury miast i zamków stawiały skuteczny opór środkom średniowiecznego ataku, które tworzyły kusze, łuki, broń biała, drabiny do wspinania się na mury, oraz maszyny oblężnicze, jak tarany, wieże oblężnicze i t. p. Zatem mur obronny był bardzo wysoki (około 10 m), ażeby utrudnić napastnikom wspinanie się po drabinach, zaś grubość murów dawała opór uderzeniom i pociskom machin. Wieże basztowe zakładano w odległości około 40 m, równej zasięgowi strzału z kuszy, przyczem wysokość wieży równała się zazwyczaj dwukrotnej wysokości murów. Obrona skupiała się na wierzchu murów, i w basztach, dlatego też mury otrzymały blanki zębate,

służące do osłony łuczników od góry, gdy parapety ścian chroniły ich od dołu. Blanki takie, użyteczne tylko dla najstarszych typów ręcznej broni, otrzymały z czasem przykrycia, zapomocą drewnianych daszków; w ten sposób powstał kryty chodnik dla obrońców, zwany drogą straży. Ponieważ grubość murów dochodziła niejednokrotnie do dwu metrów, przeto nadbudowanie u góry krytych ganków, czyli t. zw. hurdycji, rozszerzyło linię obrony, gdyż było dość miejsca i na szereg strzelców przy otworach, jak też i na komunikację wojska poza linią obrony. Przyjęta u nas w Polsce nazwa oblaneków, oznaczała zazwyczaj taki kryty ganek drewniany na murach, dobudowany jednak od wnętrza przez przystawienie drewnianych słupów i platform. Przy dalszym rozwoju sztuki obronnej pojawiły się na murach występy, czyli wykusze, które miały otwory w podłodze dla zrzucania kamieni, oraz wylewania wrzącej wody i roztopionej smoły na głowy oblegających.

Była to obrona przed bezpośrednim atakiem na drabinach, która z czasem rozszerzyła się na całą linię murów. Mianowicie we wieku XIII. otrzymały wieże i mury wysunięte na zewnątrz kroksztyny kamienne, na których nasadzano murowane już hurdycje z otworami strzelnic. Podobnie, jak uprzednio wykusze, posiadały te konsolowe nasady, czyli t. zw. machikuły, otwory w podłodze do zrzucania pocisków na głowy atakujących. Od wnętrza miały mury drewniany chodnik straży, służący dla komunikacji obrońców i przerzucania sił w miejsca zagrożone. Otwory strzelnic dostosowane były do pierwotnej broni i wyglądały, jak pionowe szpary, silnie ku wnętrzu rozszerzone.

Użycie armat oblężniczych w drugiej połowie XIV. wieku i udoskonalenie artylerji we wieku XV. spowodowało konieczność wzmocnienia obrony zamków i miast. Tem wzmocnieniem były przedewszystkiem dawniejsze wieże basztowe, które obecnie, wysuwając się przed lico murów, umożliwiły obronę wzdłuż linii fortyfikacji, czyli t. zw. flankową, gdy dawniej kierunek strzałów był zawsze prostopadły do murów. Wieże te były zwykle w założeniu kwadratowe, lub od zewnątrz półokrągłe, a płaskie od tyłu; jednakowoż najdawniejszym typem wieżyc pozostał i dalej kształt cylindryczny, jako najbardziej odporny przeciw pociskom.

Wieże warowne miały poszczególne piętra ze strzelnicami, łączące się ze sobą zapomocą okrągłych, w murze umieszczonych schodków, lub też przy użyciu drabin. Pierwsze piętro wieży posiadało obustronne wyjście na platformę straży, przechodzącej po murach zamkowych. Naturalnie i armaty forteczne znalazły pomieszczenie przedewszystkiem na wieżach, otrzymując specjalne wykroje strzelnic. Wieże i mury nakryte były dachami, lecz dachy wieżowe usuwano zazwyczaj w czasie oblężenia, a otwarta platforma wieży mieściła wtedy armaty i obrońców. U samego dołu wieży znajdowała się głęboka ciemnica, przeznaczona najczęściej na więzienie, zaś poszczególne piętra, u dołu sklepienie, wyżej kryte stropem belkowym zaopatrzone były w szeroko rozglifione otwory strzelnic. Rozszerzoną nasadę wieży tworzyły kamienne machikuły do wyrzucania pocisków, oraz blankowanie i stożkowy dach.

Dalszem wzmocnieniem obrony miast i zamków było opasanie ich podwójnym pierścieniem murów, rowów i wałów. Wieniec wewnętrzny był wyższy, zaś zewnętrzny, znacznie niższy, tak był założony, żeby jego droga straży wypadła na poziomie terenu między nimi. W ten sposób zdobycie pierwszej linii obronnej przez oblegających nie dawało im żadnej osłony przed pociskami, padającymi z murów wewnętrznych; z tego samego powodu były zwykle wieże zewnętrzne od strony międzymurza otwarte.

Najsłabszym punktem fortyfikacji była brama wjazdowa, którą dlatego ubezpieczano specjalnymi

umocnieniami. Już sam dostęp do niej był bardzo utrudniony, gdyż w tem miejscu fosa z wodą była znacznie szersza, a prowadzący do bramy most drewniany ulegał przed oblężeniem zupełnemu zniszczeniu. Z ostatniego przesła mostu przerzucany był ruchomy most zwodzony, który, po podniesieniu do pionu zapomocą łańcuchów i korb, przysłaniał w zupełności wejście do bramy zamkowej, czy też miejskiej. Brama wejściowa była zwykle podwójna; pierwsze wejście, umieszczone w zewnętrznym pierścieniu murów, osłaniała opuszczona ku dołowi potężna krata żelazna, czyli brona, oraz silnie okute odrzwia. Na szerokości międzymurza biegła t. zw. szyja, czyli kryte przejście, ujęte obustronnie murami, w których umieszczano ganki obronne ze strzelnicami. Szyja ta łączyła wejście zewnętrzne z wewnętrzną bramą wieżową, obwarowaną kilku rzędami strzelnic i machikułami u góry; dojścia broniła tam również zębata brona.

Dla rozszerzenia linii obrony, flankowania ataku, jakoteż i dla ochrony głównego wejścia do miasta służyły okrągłe rondele i barbakany. Były to jakby zewnętrzne forty, wysunięte daleko na zewnątrz murów, a złączone z niemi szyją obronną. Rondlele takie otaczały głębokie fosy, wodą wypełnione, zaś most zwodzony nad rowem chronił nie tylko bramę, lecz służył również jako miejsce wypadu wycieczek przeciw oblegającym.

Nadto same mury stały się z czasem obronniejsze; otrzymały one zatem kilka kondygnacji strzelnic, z przystawionymi platformami z drzewa, które mieściły obrońców. Otwory dolne służyły dla dział, ustawionych do strzału nawprost, podczas gdy ogień flankowy szedł z bocznych strzelnic basztowych, broniąc dostępu do fortecznych rowów. Zębate blankowania murów straciły z czasem swe dawne przeznaczenie i zachowały się nadal jedynie, jako zamarła już cecha dawnej warowności.

Jednakowoż, wobec ustawicznego rozwoju techniki oblężniczej, okazały się wkrótce wszystkie te środki wzmocnionej obrony niewystarczające. Średniowieczne puszkę z XIV. wieku, wyrzucające kamienne kule na nieznaczną odległość, ustąpiły we wiekach późniejszych (XVI. i XVII. st.) miejsca potężnym działom oblężniczym, miotającym w łukowej elewacji ciężkie, żelazne pociski dużego kalibru, oraz pękające granaty i t. p. Wyłomy i szczyby w splekanych murach utrudniały coraz bardziej obronę, która i tak była niedostateczna, wobec niemożności należytego pomieszczenia odpowiedniej ilości i wielkości armat obronnych w średniowiecznym systemie obronnym. Tak zatem rozszerzano mury specjalnie dla umieszczenia dział, powiększając przez to zarazem i wytrzymałość ścian, następnie obniżono wieże i wysunięto je silniej przed mury, dla skuteczności flankowego ognia i t. d. Przy dalszym rozwoju techniki obronnej obniżono jeszcze bardziej przednią linię murów, ustawiając za niskim parapetem pierwszą linię frontowych baterji. Średniowieczne wieże i barbakany zmieniły się z czasem w niskie bastjony i beluardy; te obniżone wieżyc pęcznieją silnie, występując głównie na narożach murów. Tak powstały podwyższone platformy, o ukośnych, kamiennych ścianach. W parapetach bastjonów umieszczano rzędy armatnich strzelnic, a na platformach ustawiano już bez trudu ciężkie działa, których kaliber i nośność odpowiadały sile oblężniczej artylerji.

Wszystkie te jednak środki okazywały się ciągle niewystarczające wobec ustawicznych postępów sztuki oblężniczej. Zrozumiano wreszcie, że system średniowiecznych murów i baszt okazał się przestarzały i musiał on z konieczności ustąpić miejsca nowoczesnej technice obronnej. Niszczącej sile ognia i pocisków z dział oblężniczych przeciwstawiła obrona w XVII. stuleciu system Vaubana i innych inżynierów fortyfikacyjnych,

t. j. potężne budowle ziemne, odporne w zupełności na działanie kul i wybuchających pocisków. Fortyfikacje ziemne, jakoto potężne wały z kazamatami podziemnymi, kawaljeri, raweliny i kurtyny umożliwiły wreszcie nowoczesną obronę, a system warowny dawnych zamków i miast ulegał z konieczności miarowej likwidacji. Sypano zatem w kwadrat lub we wielobok wały, a potężne ich skarpy i przeciwległe kontrskarpy głębokich rowów wykładano kamieniami. Zamiast baszt narożnych występują zrazu przekątnie na zewnątrz ścian bastjony, które następnie otrzymują na węgłach twierdzy zarys niby ostrych pirogów: są to vaubanowskie kawaljeri, których zarysom odpowiadają gwiaździste linie zewnętrznych kontrskarpy, sterczących powyżej nawodnionych rowów. Na rogach bastjonów i kawaljerów wysterczały zwykle wieżyczki strażnicze, zbudowane z kamienia w zarysie okrągłym lub wielobocznym. Ostre występy, niby forty ziemne przed linią obrony zwano rawelinami. Właściwe wały czworoboku twierdzy, ujęte przez narożne umocnienia, były to kurtyny forteczne, ze sklepieniami pod ziemią schronami dla amunicji i załogi, ukrytej w ten sposób zupełnie przed ogniem oblężniczym. (Rys. 8. Zamek w Zbarażu).

Opisany uprzednio system średniowiecznej obrony stosowany był zarówno przy budowie zamków, jak też i przy warownem umocnieniu miast. Różnica polegała na tem, że zamki broniły się ponadto niedostępnością położenia, gdyż zwykle górowały one ponad wieżami miast, oraz większą zawartością budowy, która składała się zwykle ze silniej warownego zamku wyższego (na szczycie góry), ze zamku niższego, oraz podzameczu, czyli przygrodzia z gospodarczymi zabudowaniami. Zawartość budowy zamku polegała na bliższym zestawieniu baszt obronnych, jakoteż i na włączeniu gmachów w linie murów obronnych; wtedy ściany tych budynków, zapatrzone w strzelnice, brały czynny udział w obronie.

System średniowiecznego budownictwa warownego pochodził ze zachodniej Europy, toteż na sposób zachodni wznoszono na najwyższym miejscu zamku potężną wieżę-wartownię (franc.: donjon) o wysoko umieszczonem i trudno dostępnem wejściu i grubych ścianach, które zwężały się ku górze w piętrowych osadach. Dolne kondygnacje zajmowały ubikacje mieszkalne, wyższe wartownię i pomieszczenie straży zamkowej; u spodu mieściła się ciemna piwnica z wierconą w skałę studnią. Ta wieża strażnicza była zatem, w razie napadu, ostatniem miejscem schronienia oblężonych i zarazem najważniejszym punktem obrony warowni. Z czasem obok wieżycy zamkowej (pierwotnego zamku) poczęto wznosić oddzielne budynki mieszkalne, oraz gospodarcze (stajnie, składy i t. p.). Kaplice zamkowe, czy też kościoły grodowe opasywano w całości wieńcem murów, których niedostępność łączyło się z urwistością stromych zboczy zamkowej góry. Baszty zamkowe, rozmieszczone w odstępach 20—30 m i złączone drogą strażycy, służyły dla pomieszczenia załogi w kilku wysokościach i dla obrony flankowej murów. Brama zamku, również wieżowa, zamykała się potężnym mostem zwodzonym, przyczem dostęp do niej tak był prowadzony, ażeby atakujący mieli odsłonięty prawy bok i nie mogli użyć tarcz do zasłony przed strzałami. Zresztą szczegóły obrony były takie same, jak we fortyfikacjach miejskich; tak np. średniowieczne obwarowania Krakowa z podwójnym wieńcem murów, 7 bramami i 47 basztami miały i blankowania i drewniane hurdyce na murach i galerje z machikułami, osadzone u szczytu wież na kamiennych wspornikach, jakoteż potężny barbakan, który bronił dostępu do Florjańskiej bramy. (Muczkowski. Dawne warownie krakowskie).

Niekiedy pierścień obwarowań zamkowych był podwójny; np. zamek we Wólk u otaczał mur obwo-

dowy, oraz wały i fosy, opasując platformę warowni; nadto sam zamek posiadał oddzielny wieńiec murów i wałów. Zamek w Będzinie obwiedziony był aż trzema pierścieniami murów, podnoszących się coraz wyżej, w miarę zbliżania się do środka, skąd wyrastała okrągła baszta wieżowa.

Nie kopiowano u nas jednak niewolniczo wzorów zachodnich we warownem budownictwie, gdyż miejscowe warunki wymagały wprowadzenia pewnych zmian. Mianowicie dachy baszt i hurdyce mogły być odporne na ogień pierwotnych pocisków, o ile kryte były one ogniotrwałą dachówką, natomiast drewniane dachy gontowe łatwo ulegały pożarowi od strzał, uniemożliwiając przez to obronę murów. Dlatego chowano zwykle dachy wież i strzelnic poza wysokimi murami czołowymi. Naprzykład zamek ks. Lubarta w Łucku dochował po dziś dzień ślady daszków pulpityowych ponad gankami obrony; daszki te kryły się w zupełności poza wyniosłymi ścianami czołowymi murów zamkowych. Pociski uderzały zatem w ścianę czołową, albotóż, skierowane wyżej, przelatywały ponad dachami, spadając na majdan zamkowy. Ponadto strychy takich daszków kryły wygodnie górną linię obrońców, którzy przez strychowe otwory razili skutecznie nieprzyjaciół. Takie same ściany czołowe czyli attyki, posiadają baszty łuckiej warowni; dachy tych wież nie wysterczały w górę, lecz odwrotnie były one wklęsłe ku dołowi, kryjąc się bezpiecznie wewnątrz ścian attykowych. (Rys. 17. Zamek w Łucku). Te attyki i dachy pogrążone weszły z czasem w powszechne niemal użycie; widniały one nad bramą cechu piekarzy w Krakowie, także były baszty w Sandomierzu, Opatowie i t. d.

Ściany czołowe warownych murów i baszt zachowały średniowieczne blanki zębate u góry, oraz otwory strzelnic strychowych w parapetowych murach; powyżej biegły jeszcze rzędy strzelnic w dwu, lub więcej kondygnacjach. Nierzadko otrzymały attykowe ściany ujęcie strzelnic przez ślepe arkatury; takie arkady widzimy na pieczęci Kazimierza ks. Łęczyckiego i kujawskiego z r. 1252, oraz na pieczęci Ziemomysła, ks. inowrocławskiego. Podobnie członkowane ściany czołowe uwiecznione są na wizerunku murów kościoła św. Michała na Skałce (z XVI. w.) oraz na średniowiecznych freskach katedry sandomierskiej z przedstawieniem obronnego zamku z arkaturami ścian, strzelnicami i blankami u szczytu. Widać stąd, że arkadowane mury szczytowe, będące pierwowzorem attyk polskich, datują swe pochodzenie ze schyłkowego średniowiecza. (Szyller. Attyki polskie).

Budowle zamkowe w Polsce nie tworzyły właściwie ściśle jednolitego typu założeń, lecz kształtowały się one rozmaicie, w zależności od przeznaczenia, warunków terenowych, stopnia obronności i t. p. Jedne zatem zamki miały za cel główny obronność, zaś mieszkanie pana zamku schodziło na plan dalszy. Kiedy indziej znów odwrotnie budowla zamieniała się we warowną siedzibę magnata polskiego, urządzoną z odpowiednim do jego zamożności przepychem. Gdy zamki typu pierwszego (średniowieczne) były pojedyncze, bez wyszukanych form architektonicznych, to wielkopańskie siedziby z epoki odrodzenia tworzyły potężne nieraz założenia, grupujące się dokoła arkadowanych dziedzińców, z basztami na narożach, a amfiladą sal i pokoi we wnętrzu. Pierwowzorem takich siedzib był zamek królewski na Wawelu.

Zamek grodowy służył za mieszkanie dla księcia, lub dostojnika państwowego, czy też właściciela rozległych posiadłości; składał się on zazwyczaj z przygródka z budynkami gospodarczymi i służbowymi, ze zamku dolnego, który służył do pomieszczenia zbrojnej załogi, oraz z właściwej warownej siedziby, która zawierała szereg komnat mieszkalnych i kaplice.

Gród starościński stanowił miejsce sądu, dlatego też miał on lokalności mieszkalne niezbyt rozbudowane, główną zaś jego część tworzyło miejsce sądów, gdzie dominowała przede wszystkim potężna wieża więzienna z lochami. Nieraz zamek tego typu łączył się w obronną całość z fortyfikacjami miasta.

Tak zwane obręby forteczne, potężne umocnienia obronne, najczęściej spotykane na kresach wschodnich Rzeczypospolitej, były to poprostu obozy warowne (fortyfikacje) dla pomieszczenia załogi wojskowej. W razie wojny służyły one także jako schronienie dla ludności, uciekającej z dobytkiem przed najeźdźcą. Zbiegowie ci chowali się wewnątrz murów i wałów w t. zw. horodniach, czyli drewnianych szopach, których płaskie dachy, złączone z drogą straży murów, tworzyły platformy dla pomieszczenia obrońców. Naprzykład zamek w Łucku posiadał około trzysta horodni, na pomieszczenie w razie potrzeby mieszkańców wsi okolicznych.

System średniowiecznej warowni polegał głównie na należytem wyzyskaniu obronności miejsca. Zamek taki wyrastał na niedostępnym szczycie górskim, lub na krawędzi skalistych urwisk i przepaści; ujęty wieńcem wyniosłych murów, wystrzelał on w górę potężną wieżą centralną (donjon). Malownicza taka budowa miała plan swój przystosowany do konfiguracji terenu, o fantastycznych założeniach i obniżeniach i o zupełnie nieregularnym zarysie. Zamki tego typu wyrastały zwykle na skalnych fundamentach, otrzymując mury z kamienia, uzyskanego na miejscu; zraśćając się ze swym położeniem skalistym w jednolitą całość, tworzyły one malowniczy typ podgórskich warowni.

Za Kazimierza Wielkiego udoskonalila się budowa zamków w znacznym stopniu, tak zatem właściwy zamek mieszkalny z wieżą strażniczą, kaplicą i mieszkaniem załogi otaczały dookoła mury o nieregularnych, wielobocznych zarysach, z basztami na załomach. W przygródki była siedziba burgrabiego, t. j. zarządcy zabudowań zamkowych. Zamki nizinne, budowane przeważnie z cegły, ujmowały najczęściej obszerny dziedziniec wieloboczny, broniony murami, basztami i wieżą wrotną. Prawdopodobnie pod wpływem zakonnych budowli krzyżackich uzyskały z czasem zamki nasze ujęcie więcej regularne, o zarysie kwadratu, czy też prostokąta; na czterech jego narożach wyrastały cztery wieże, zaś piąta wznosiła się nad wejściem.

Ponieważ na nizinach brak było zazwyczaj obronnego z natury miejsca, o spadzistych stokach i niedostępnych urwiskach, przeto wyzyskiwano sąsiedztwo stawów i rzek, lub uciekano się niejednokrotnie do wytworzenia sztucznego terenu obronnego, t. j. nasypów ziemnych, otoczonych rowami i oblanymi wodą. Wtedy teren taki tworzył niedostępną wyspę, złączoną tylko mostem ze stałym gruntem. Takie roboty ziemne umożliwiały regularne założenie zamku.

Wspomnieliśmy, że pozatem wieża okrągła tworzyła jądro zamkowej budowy, służąc przytem za mieszkanie pana zamku, jego rodziny i na pomieszczenie załogi. Później stanęły oddzielne budynki mieszkalne, kryjąc się przed pociskami poza murami i basztami zamku. Te ubikacje mieszkalne były bardzo nieliczne i szczupłych rozmiarów i dopiero w późniejszych wiekach rozbudowały magnackie siedziby swe skrzydła mieszkalne; nadto budynki zamkowe złączyły się w jednolitą całość z murami fortecy, współdziałając przy obronie.

Gdy jednak w drugiej połowie XVI. wieku i we wieku XVII. system średniowiecznych obwarowań z murami i basztami ustąpił z kolei miejsca nowoczesnym umocnieniom ziemnym ze skarpami i kontrskarpami,

beluardami i kawaljerami, wtedy wewnątrz tych fortyfikacji wyrastały budowle zamkowe znowu w kwadrat, czy prostokąt, z wieżą bramną i basztami na narożach. Tak zatem czworobok murów i baszt zmienił się w czworobok skrzydeł zamkowych, wysokich nieraz na kilka pięter. (Rys. 24. Zamek we Wiśniowcu). Gdy nakoniec fortyfikacje i umocnienia ziemne zrównane zostały z poziomem terenu, wtedy zaginęły również i starodawne zamki polskie, ustępując miejsca otwartym budowlom pałacowym.

Opisaliśmy zatem najważniejsze typy założeń zamkowych w Polsce; warowność ich powiększały jeszcze ściany czołowe murów i baszt, służące za ochronę dachów pulpityowych i wklęsłych przed ogniem nieprzyjacielskim. Te średniowieczne arkatury z zębatami blankami u góry stały się pierwowzorem attyk na zamkach z epoki odrodzenia. Taka attyka nie różniła się w zasadzie od zwieńczeń średniowiecznych, jedynie arkady ujęte zostały w renesansowe formy, zaś zębate blanki ustąpiły miejsca sterczynom o fantastycznych zarysach. Widzimy zatem na murach zamków i basztach nasady w postaci kręgielków, lub postumentów, między którymi przewijają się sprężyste linje esownic i skrętów.

Takie koronki attykowe posiadał zamek w Iłży, (Rys. 15), gdyż ściany zabudowań i wieży zdobiły tam pilastrów arkatury z grzebieniem kulistych nasad i falistych esownic. Okrągłe baszty i mury kończyła zębata attyka średniowiecznego typu, lecz ostre zarysy blanków łagodziły trójkątne nasadki u szczytu i po bokach zębów. Widok tego zamczyska dochował się szczęśliwie na rysunku z przed stu lat, uwieczniając jego malownicze założenie i sylwetę. Podobny grzebień attykowy otrzymał zamek w Kazimierzu Dolnym z tą różnicą, że arkatury miały bliźniacze łęki, zaś między sterczynami przebiegały łuki półkolistych nasad. Wogóle typów attyk było wiele i różnaitość ich była przebogata. I tak zamek w Lublinie zachował zębate blanki i arkady średniowiecznego typu; znów baszty potężnego zamku w Ostrogu wołyńskim otrzymały malownicze sterczyny o zarysie kół, krzyżów koniczynowych, rozkrojonych segmentów kolistych, naprzemian z kręgielkami, natomiast arkadowane ściany czołowe attyk wyrosły na ślepych machikułach średniowiecznego typu. (Rys. 18). Takież segmenty koliste i postumenty posiada attyka bramy Opatowskiej, pozostałej po dawnych obwarowaniach Sandomierza. Również sterczyny i esownice wyrastały na attykach bramy zamkowej w Łucku i na innych basztach tej warowni. (Rys. 17).

Attyki baszt zamkowych w Przemyślu, wyglądają niby królewskie korony, osadzone na sędziwych murach twierdzy; widzimy tam ślepe arkady renesansowe, oparte na oddzielnych impostach, zaś odrębnie przeprowadzone pilastry dźwigają okap i łączą się organicznie z nasadami kręgli i odwrotnych łuków. (Rys. 20). Odmienne kształtuje się attyka zamku we Wyszynie Wielkopolskiej (według dawnego rysunku), gdyż wieloboczne baszty otrzymały grzebień z kul i piramid, złączonych falistymi łukami. (Rys. 22). Kiedyindziej nasady pionowe zanikały; wtedy kontur grzebienia attykowego przewijał się bez przerwy na falistych linjach wypukłości i wklęsłości (dawna brama Grodzka w Lublinie według rys. z XVIII. w.), odginając się nawet ku górze we fantastycznych łukach oślich grzbietów (baszta w Sulejowie).

Attyki późnorenesansowe zatraciły w zupełności swoją dawną strukturę; pojawiają się na nich potężnie zakrojone ślimacznice, przewijające się w sprężystych odgięciach (zamek w Starem Siole); później wyrastały na czołowych murach całe nadbudowy lukarnowe, wzorowane na oknach dachowych francuskiego odrodzenia. Tego typu attyki wieńczą okazałe budowle zamkowe w Baranowie i Krasi-

czynnie. Podobne sterczyny lukarnowe, lecz o formach prymitywnych, wyrastały na murach wileńskiego zamku. Tych kilka przykładów objaśnia nas zatem doskonale, jak wielką była rozmaitość atykowych zwieńczeń na staropolskich zamkach.

Atyki zamkowe wzbudziły wielkie zainteresowanie u historyków sztuki polskiej, w nich upatrywano charakterystyczną cechą odrodzenia w Polsce, jednak nikt nie zauważył najciekawszej może ich właściwości, która przeniosła się później przez naśladownictwo na pokrewne atyki ratuszów, bożnic i innych wolnostojących budynków. Gdy przypatrzymy się uważnie strukturze wieńców atykowych, przekonamy się, że atyka polska była po prostu naśladownictwem i zmniejszoną kopją obronnych murów zamkowych ze ścianami o zębatych blankach i z basztami na narożach; wywodziła się ona bowiem w pierwszej linii od umocnień warownych i obronne ona otrzymała przeznaczenie. Gdy budynki zamkowe weszły w kompleks murów obronnych, wtedy baszty narożne i mury z blankowymi sterczynami ukazały się w pomniejszonej podziałce, jako atyki czołowe poddaszy, przez co zaznaczono tem silniej warowny charakter zamku.

Widzimy zatem na zamku w Międzyborzu narożne wieżyczki atykowe, jako zakończenie grzebienia łukowych sterczyn. Zamek w Gołębiniu (Golub) dochował nadzwyczaj bogatą atykę, ujętą na narożach przez wieloboczne baszty kupulaste; wieże te wyrastają tylko na wysokości ścian atyki, której całość przypomina do złudzenia wieńiec murów zamkowych. (Rys. 23). Również i wieżowa brama w Szydłowie zakończona jest atyką, odtwarzającą wiernie front zamku w miniaturze, z arkadowymi ścianami i wieżyczkami na narożach. I ruiny zamku w Lidzie dochowały wieżyczki, wzniesione na rogach atyki z koronkowym grzebieniem. Nie ulega wątpliwości, że i więcej staropolskich zamków posiadało ściany atykowe tego typu, tembardziej, że analogiczne zwieńczenia widać i na niektórych ratuszach (Poznań) i bożnicach (Zółkiew), które żywo przypominają baszty i mury forteczne.

Tak zatem wyglądały staropolskie zamki murowane z kamienia i cegły; pozostaje nam jeszcze wspomnieć o dawnych warowniach drewnianych. Zaznaczyliśmy uprzednio, że pierwotne obwarowania zamkowe były wyłącznie ziemno-drewniane i prastara konstrukcja drewniana nie wygasła, z chwilą gdy poczęto wznosić murowane warownie, lecz długo jeszcze utrzymywała się ona, zwłaszcza na kresowych ziemiach wschodnich przy umocnieniach zamków i miast.

Zamki i fortyfikacje drewniane nie o wiele różniły się od swych pierwotnych, najdawniejszych wzorów, a jednak jeszcze przez wiek XIV. i XV. wytrzymywały one skutecznie ataki i ogień broni palnej; dopiero w połowie XVI. stulecia zaniknęły drewniane warownie, ustępując miejsca murowanym. Według starych opisów i kronik budowano zamek drewniany w czworobok, utworzony przez ściany zwartych palisad, wraz z tylnym pomostem, jako drogą straży. Palisada składała się ze słupów pionowych i ukośnych, wbitych u szczytu ziemnego wału, który zabezpieczała głęboka fosa wodna. Na narożach palisady wysterczały wieloboczne, lub też czworosienne baszty; także wieżową była brama, ze strzelnicami armat na górnych piętrach. Dojście do takiej bramy zamykał most, zwodzony na łańcuchach żelaznych. I tak brama drewnianego zamku we Wiźnie nad Narwią z r. 1572 dostępna była przez most; w przyziemiu mieściła ona izdebkę dla odźwiernego, zaś w bramie trzy działa. Nad bramą znajdowała się wartownia i ganek z wejściem na oblanki; stamtąd podnoszono żelazną bronę, która zagradała dojście.

Oblanki zamkowe były dość silne, by stanąć na nich mogły działa mniejszego kalibru; nadto z oblankami

łączyły się horodnie, czyli schrony dla zbiegów ze wsi okolicznych, gdyż pomost górny tych horodni znajdował się napoziomie drogi straży zamkowej. W zamku żytomierskim było takich horodni 45, wież 4 i 2 bramy.

Wieże zamkowe budowane były na 6 węglów, albo w kwadrat z potężnych brusek; kryte one były dranicami i posiadały piętra, złączone wewnątrz drabinami i zaopatrzone w otwory strzelnic na broń ręczną i armaty. Pierwsze piętro było dostępne drabiną, przystawioną wprost z dziedzińca zamkowego. Dawny opis mówi, że „w jednej wieży belki, które są na krzyż, na których makowica i cały wierzch jest zawieszony”. Wynikałoby z tego, że stare dzwonnice drewnianych kościołów i cerkiewek wiejskich są odtworzeniem takich dawnych baszt zamkowych, względnie po prostu same dzwonnice były uprzednio basztami obronnymi świątyń. I rzeczywiście na starej pieczęci m. Torunia z r. 1300 przedstawiona jest drewniana wieża obronna z obwarowań miejskich z ukośnymi słupami, krzyżem zastrzałów, oraz wysuniętą na zewnątrz nasadą, czyli makownicą; jest to pierwszy dowód oczywisty, że drewniane dzwonnice kościelne są wzorowane na dawnych basztach obronnych. (Rys. 30). Wieże zatem budowano zwykle na słup i zastrzały, horodnie na zamek, a całość była szalowana deskami i gliną wyłożona. Oblanki, szerokie na cztery belki, osłaniały daszki, chroniące drzewo od zepsucia.

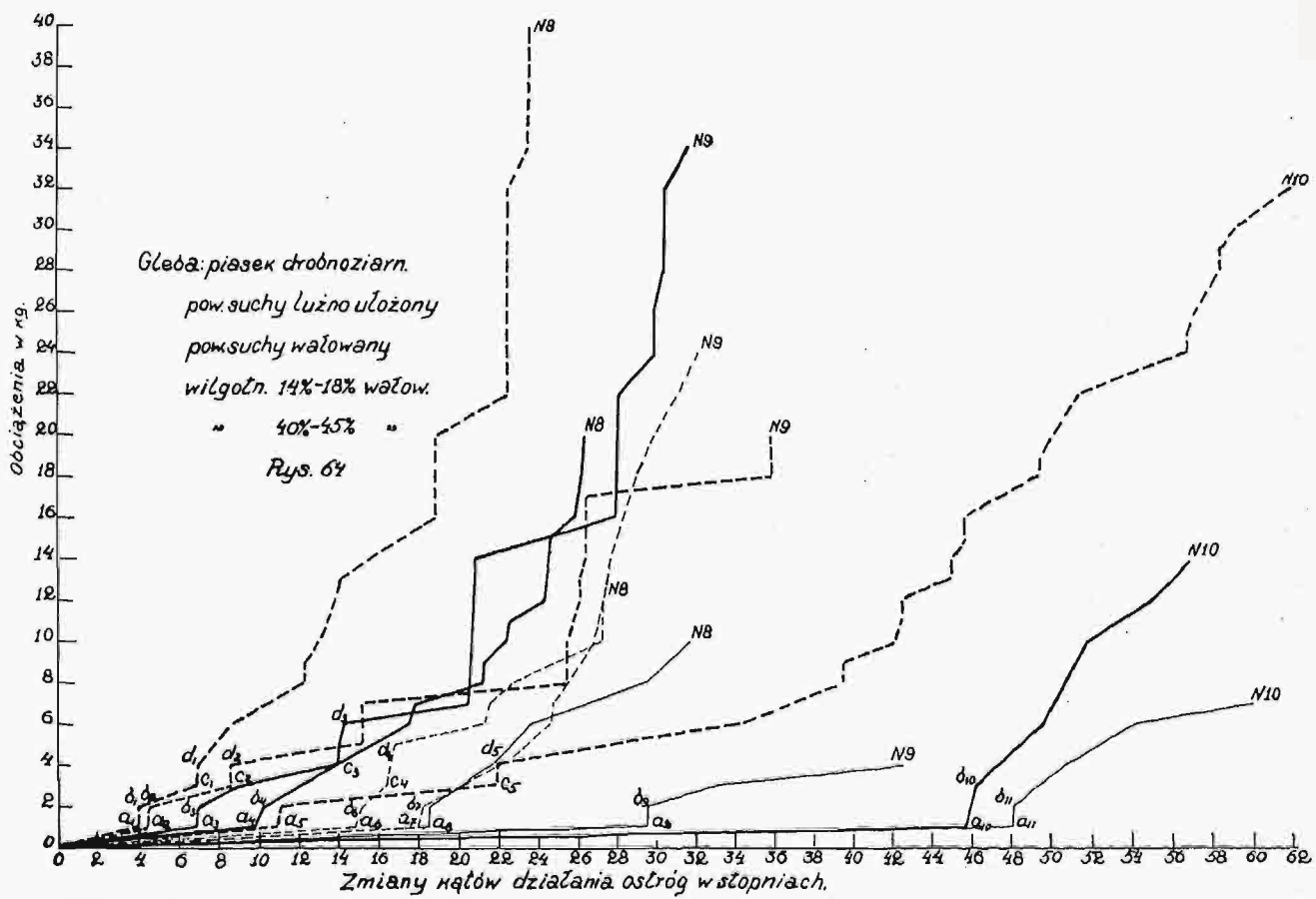
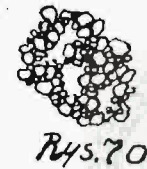
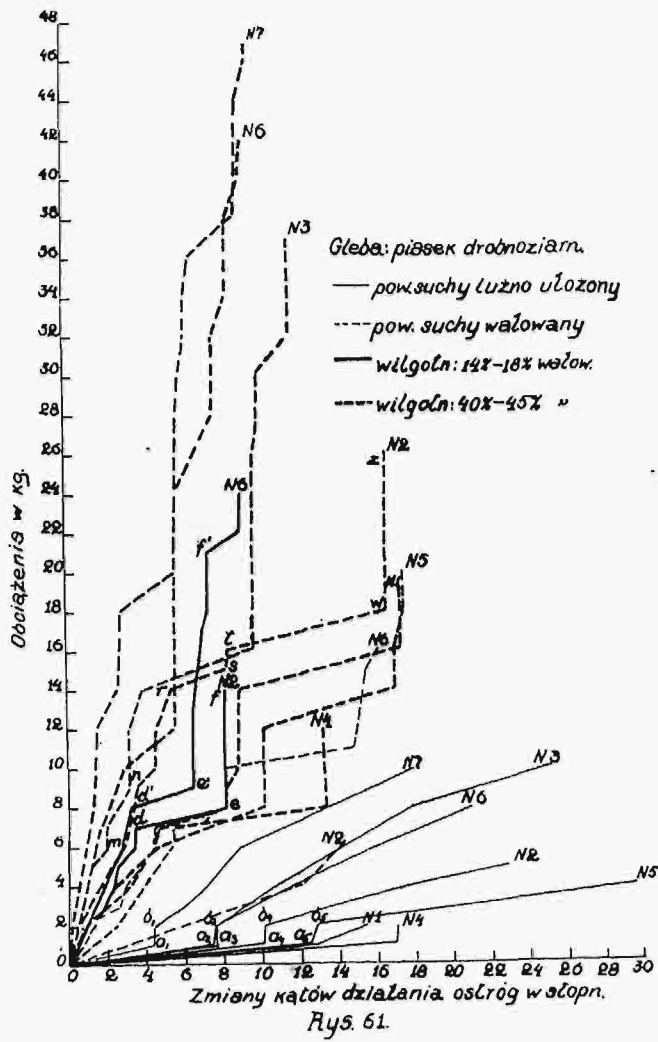
Wewnątrz drewnianych obwarowań mieści się właściwy zamek mieszkalny, obok niego kościół, czy też cerkiew, oraz budynki gospodarcze i składy. Niekiedy pale ogrodzenia nie były pionowe, lecz ukośnie skrzyżowane, jak np. w zamku Kalinowskiego koło Humania; opis tego zamku nazywa czworoboczne wieże narożne propugnaculis lub alkerz. Zamek w Kijowie, wzniesiony z drzewa sosnowego miał grodzienia 4 metry wysokie, z blankami u góry, obite dranicami. Do wnętrza prowadziły 2 bramy wieżowe z mostami; wież było 15 ze sówitemi ścianami na 6 węglów okrągło; zaś wszystkie ściany wylepione były po wierzch gliną. Wewnątrz znajdowały się trzy cerkwie i kościół. Następnie zamek drewniany w Połocku z XVI. w. naturą obronny, wieżami i basztami był wokoło obwiedziony. (Gloger. Budownictwo drzewne). Nakoniec zamek w Łucku, choć murowany, posiadał część wież drewnianych, zaś wszystkie 330 horodni z działami, były wyłącznie z drzewa, gliną oblepione.

Z podanych opisów widzimy, że założenie zamków drewnianych przypominało murowane obwarowania, a najczęstszym typem był kwadrat, lub prostokąt z czterema basztami narożnymi, oraz bramą wieżową pośrodku. Według Łozińskiego obronne zamki drewniane zmieniały się niekiedy na wielkopańskie siedziby. Takimi budowlami z drzewa wzniesionymi, były: zamek w Kórniku z XV. w., zamek w Ostrzu o 5 basztach, oraz Szydłowieckiego w Łukowie, królewskie siedziby w Nieporencie i Ujazdowie i wiele innych. Wyjątkowo zamek kórnicki budowany był systemem ramowym, ze słupami przechodzącymi na całą wysokość wież i pięter.

Pierwowzorem średniowiecznych zamków obronnych była królewska siedziba na Wawelu. We wieku XIII. tworzył zamek krakowski niewielką warownię z wysoką wieżą, wzniesioną na krawędzi płaskowzgórza. Mury obronne Wawelu zamykały trójkąt, łączący wspomnianą wieżę z dawnym kościołem św. Gereona i okrągłą świątynką N. M. P. we warowną całość. Wieżowa brama prowadziła do wnętrza najstarszej części zamku, który stał się później wyższym, gdy z czasem i reszta wzgórza opasała się potężnym wieńcem obronnych baszt i murów. Średniowieczny zamek, rozbudowany w XIV. w. przez Kazimierza Wielkiego, uwiecz-

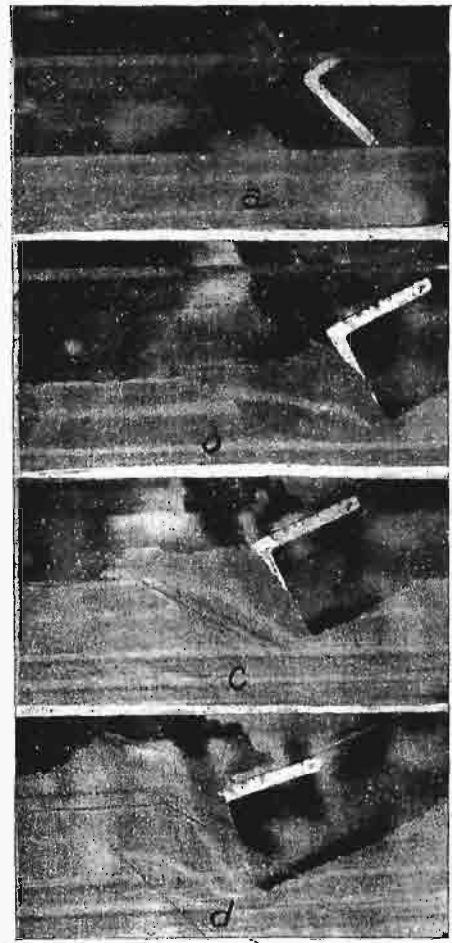
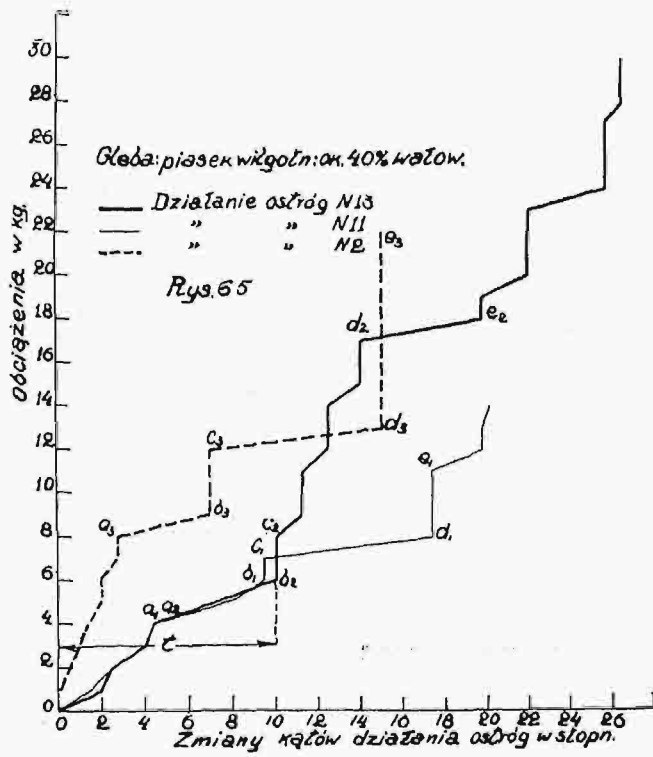
TABLICA IX.

Do art. Inż. Czesław Kanafojskiego: „Przyczynek do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki“.

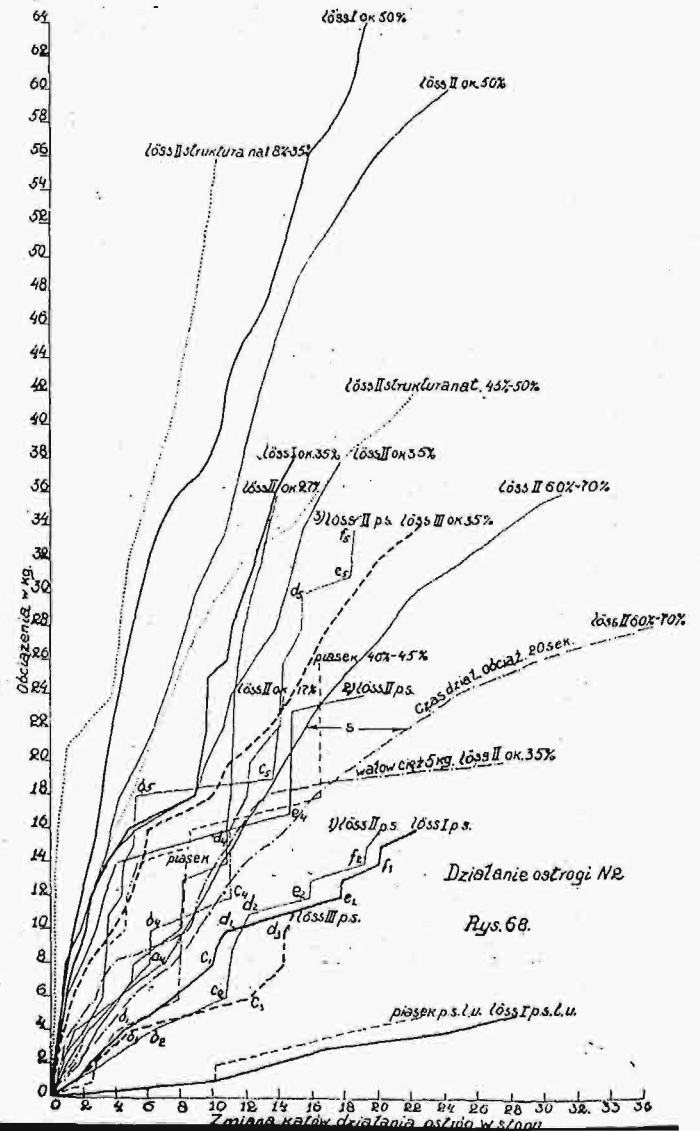
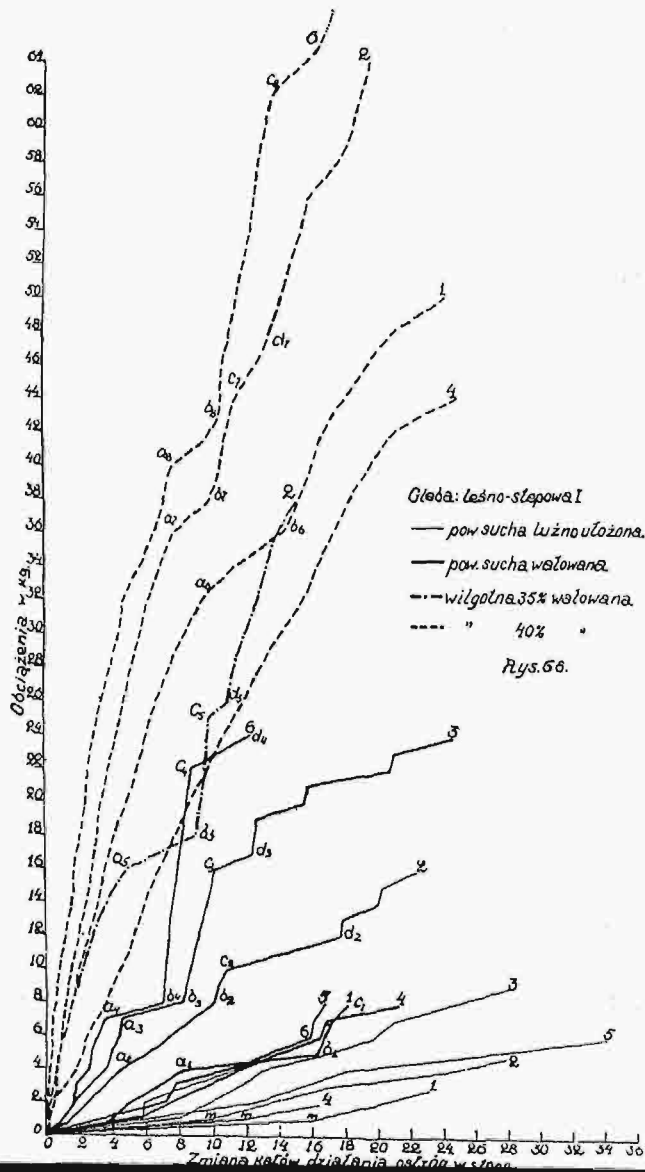


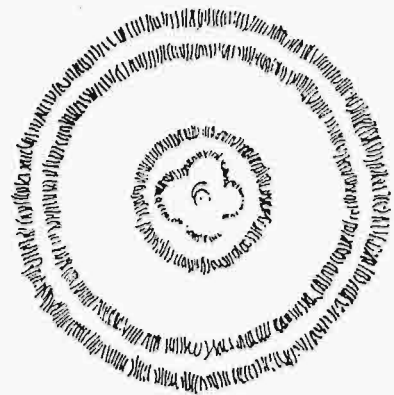
TABLICA X.

Do art. Inż. Czesława Kanafojskiego: „Przyczynę do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki”.

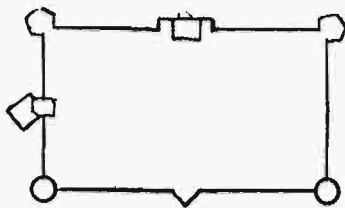


Rys. 67.





1. GRODZISKO ANIELSKA GÖRA.



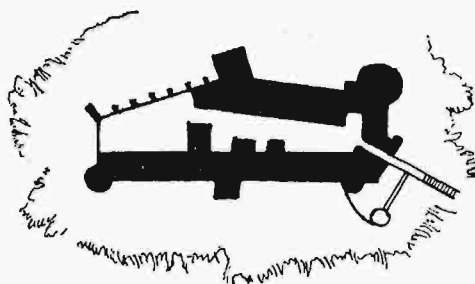
2. ZAMEK W PNIEWIE.



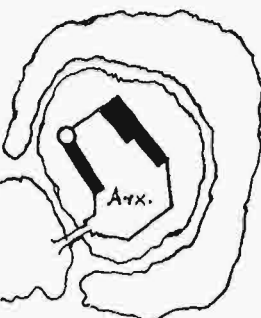
3. KVDRYŃCE.

5. KRYZWICA.

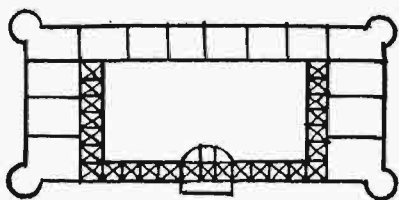
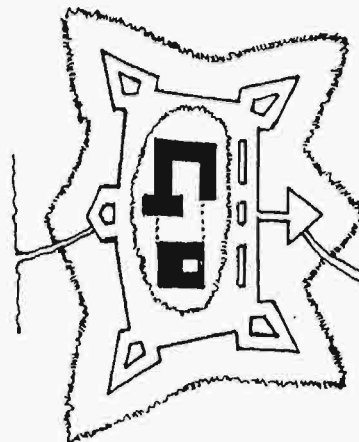
6. ZAMEK W ŁOWICZU.



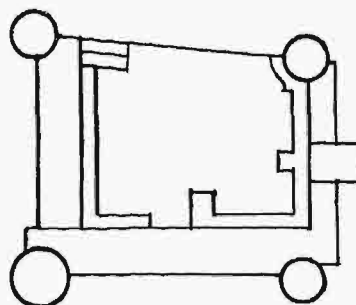
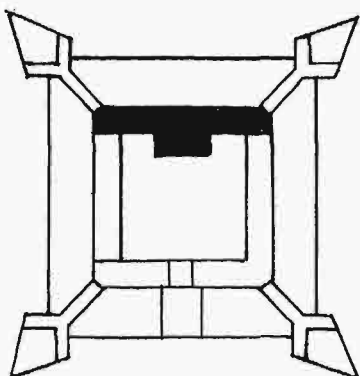
4. ZAMEK W JANOWCU N. W.



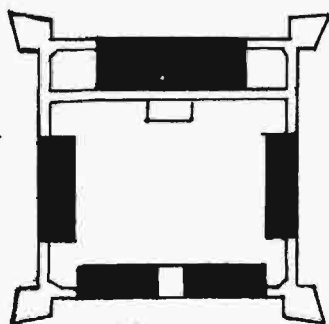
8. ZAMEK W ZBARAZU.



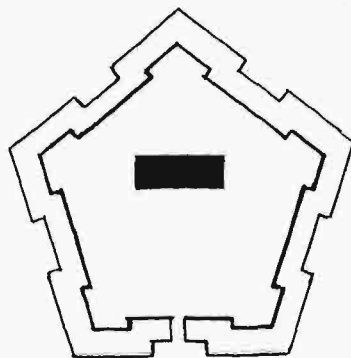
7. ZAMEK W BARANOWIE.



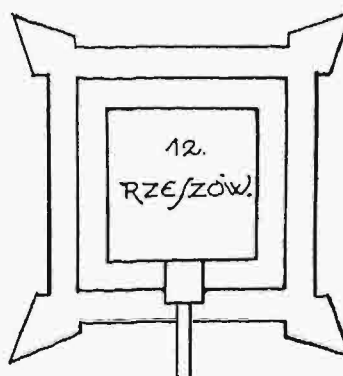
9. ZAMEK W KRASICZYŃCE.

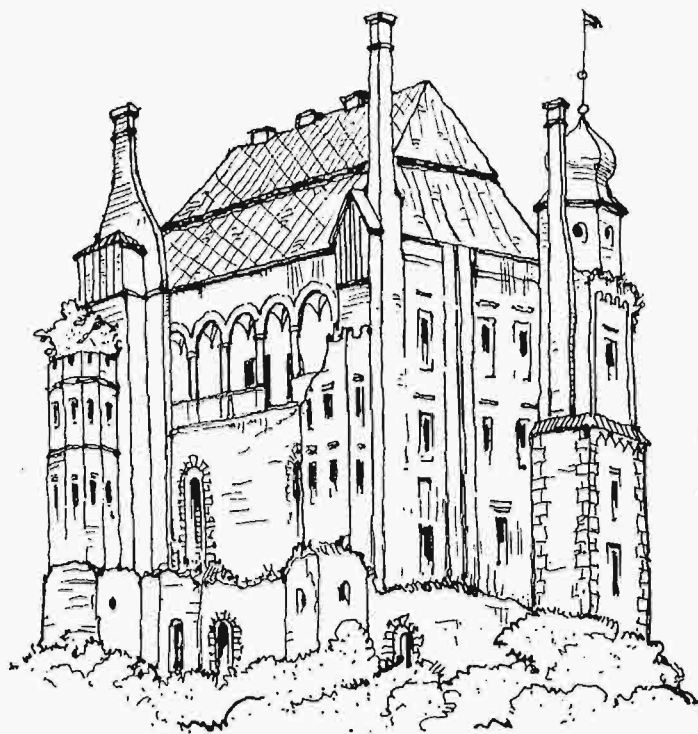


10. ŻÓŁKIEW.

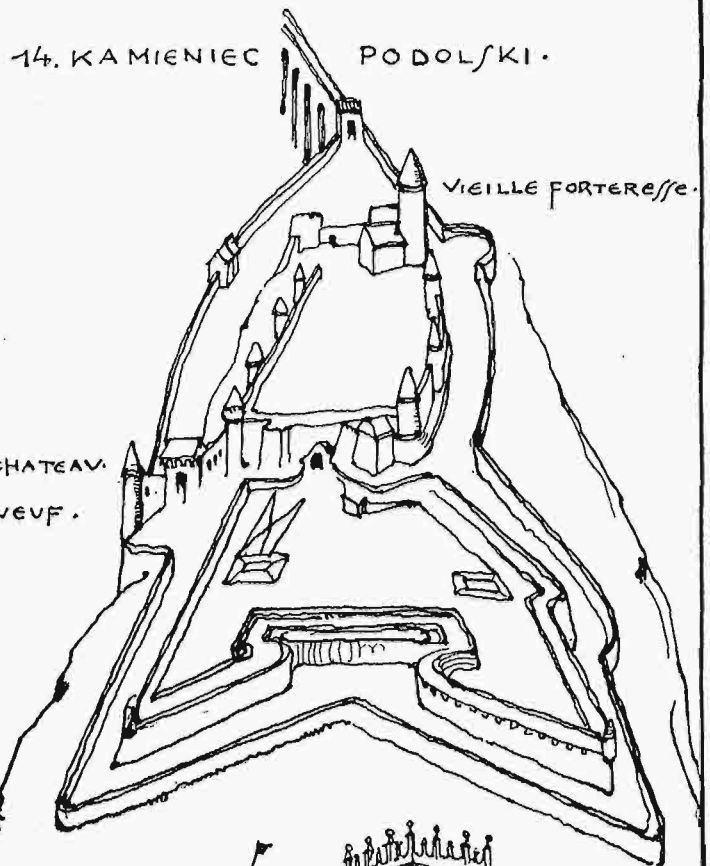


11. ZAMEK W BODACH.





13. ZAMEK. W. ŻÓŁWACHOWIE.

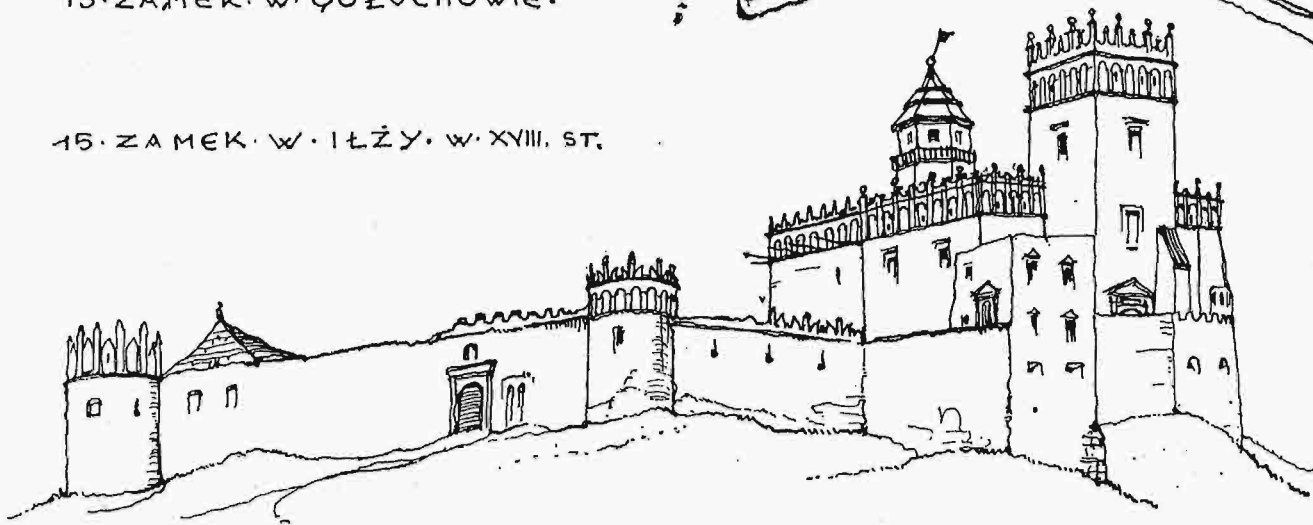


14. KAMIENIEC PODOLSKI.

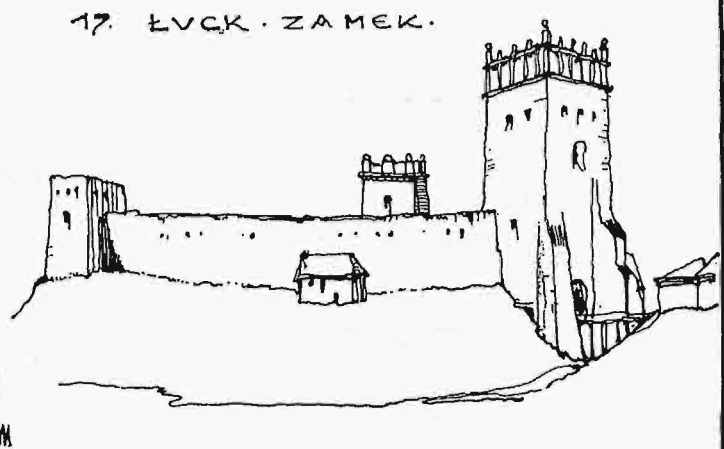
VIEILLE FORTERESSE.

CHATEAU
NEUF.

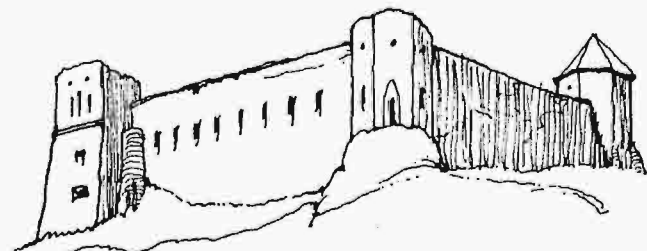
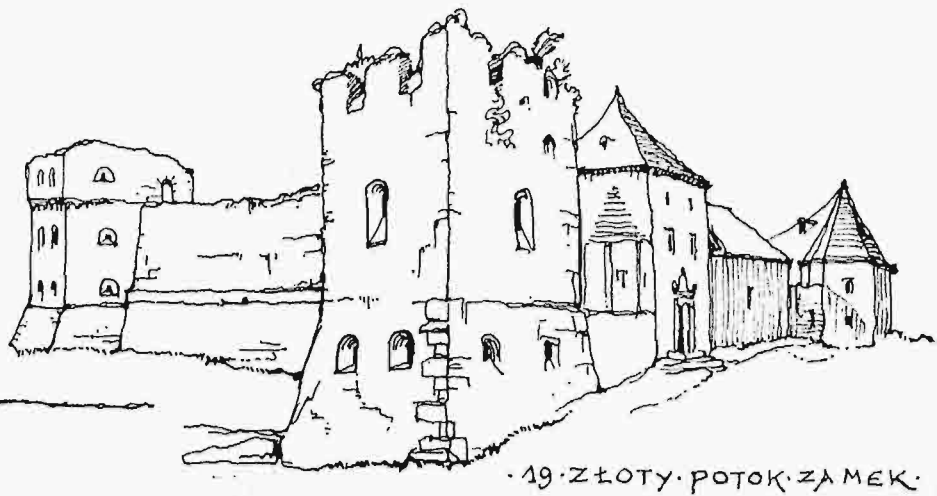
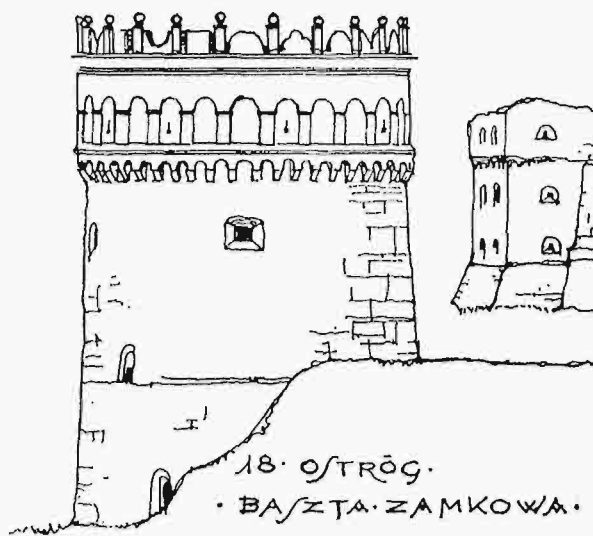
15. ZAMEK. W. IŁŻY. W. XVIII. ST.



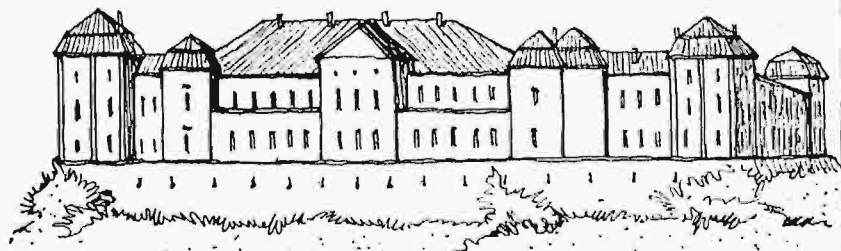
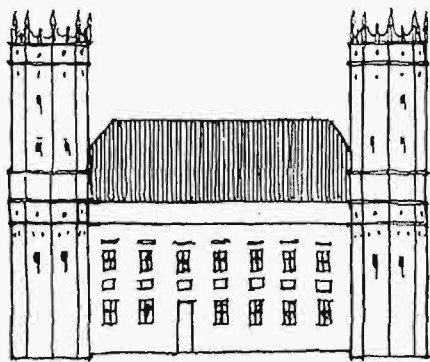
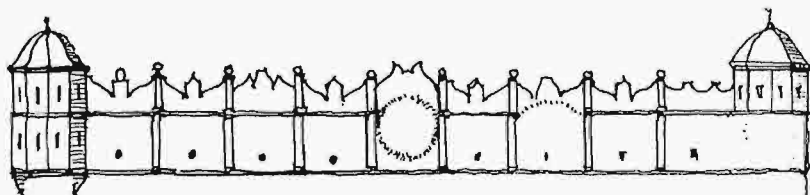
16. ZAMEK. W. KRZYWICY.

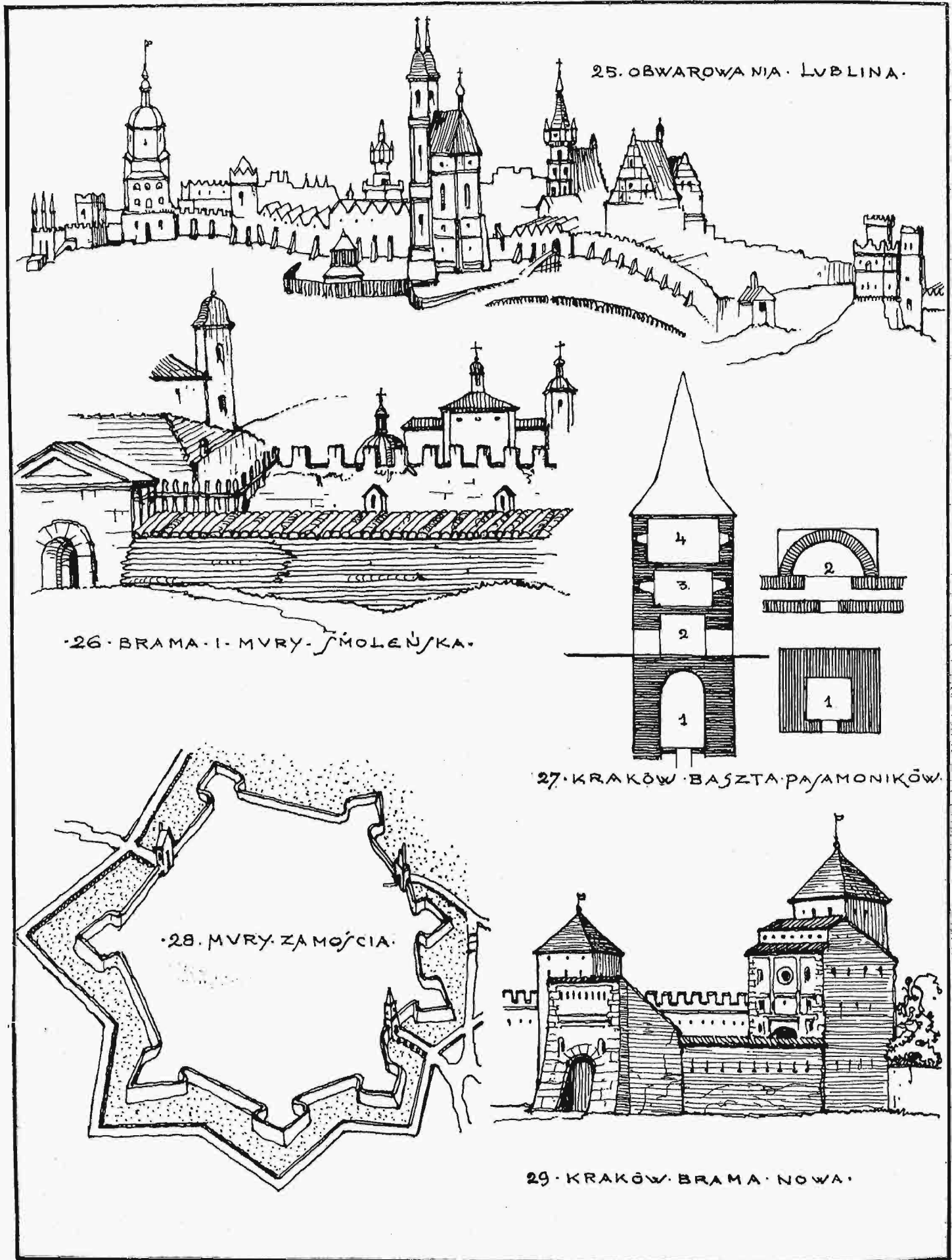


17. LVCZK. ZAMEK.



22. ZAMEK. WE. WYSZYŃCIE.





niony został na starym sztychu z r. 1493, gdzie widzimy zębate mury i baszty, potężne wieże okrągłe, lub czworosienne z machikułami, obronne kusze i inne szczegóły obronne, całość zaś zabudowana była zupełnie nieregularnie, stosownie do kształtu zamkowego wzgórza. Dalsza rozbudowa zamku we wieku XVI. stworzyła wreszcie okazały gmach czteroskrzydłowy i przepyszny czworobok dziedzińca z arkadami i słupami piętrowych galerii podcieniowych. Nic dziwnego, że arkadowe podworce pojawiły się również i w innych zamkach, na wzór królewskiej siedziby, np. w Baranowie, Sucheju, Brzeżanach i t. d.

Jak wspomnieliśmy uprzednio, najdawniejszym typem warowni średniowiecznej była potężna wieżycadonjon, najczęściej okrągła, względnie wieloboczna, którą otaczały mury i wały ziemne. Dopiero później dołączyły się do takiej wieżycy i inne zabudowania zamkowe. Więc zamek w Lipowcu, składający się z przygródka gospodarczego, połączonego przejściem z właściwym zamkiem, miał pośrodku potrójnych obwarowań okrągłą basztę mieszkalną. Zamek w Kruszwicy dochował również potężną wieżę wieloboczną o wysokości 31 m, która wyrasta na narożu resztek murów. Dawny widok i plan tego zamku uwiecznił rysunek, na którym widać fosę, most zwodzony, palisady i wieloboczne mury z basztami, oraz dwa skrzydła budynków; potężna baszta stała i dawniej samotnie, ukazując u góry machikuły i blanki. (Rys. 5 i 16). Typu wieżowego jest również zamek w Bolesławcu, gdzie z czworoboku murów wyrasta osmioboczna wieża potężnych rozmiarów; wejście do niej umieszczono powyżej terenu, tak, że dostęp możliwy był tylko po specjalnym pomoście z drzewa. Zamki w Szamotułach, Rzemieniu, Ostrzeszowie i Rawie są również wieżowego typu; starodawny zamek w Będzinie jest bogaciej rozbudowany, posiada bowiem aż trzy współśrodkowe pierścienie murów, rosnących coraz wyżej, na wzór prastarych warowni, lecz wśród wewnętrznych zabudowań wyrasta tam potężna wieża okrągła z arkaturami i blankami, niby samotny donjon, czy też bergfried. Także wieże okrągłe dochowały się w Czechowie, Lipowcu i Olsztynie.

Z czasem ten typ wieżowy ustąpił miejsca obszerniejszym założeniom obronnym, zwłaszcza, gdy zamek taki stał się zarazem siedzibą potężnego możnowładcy. Przykładem takiego rozwiniętego założenia był okazały zamek w Iłży, z którego dziś pozostały zaledwie nędzne ruiny. (Rys. 15). Wzniesiony w r. 1340 dochował okrągłą wieżycę z wejściem na piętrze (najstarsza część zamku), resztki górnego zamku, oraz umocnienia obok bramy. O jego wspaniałości daje pojęcie stary rysunek, na którym widzimy i potężną wieżę zwrotną i czworobok zamku, ruiny i baszty attykowe. Stara wieżycę okrągła miała dawniej machikuły i koronę ze smukłych wieżyczek, średniowiecznego typu.

Założenia zamkowe zależne były, jak zaznaczyliśmy, od ich przeznaczenia, oraz usytuowania. Zamki, wzniesione na wzgórzach, miały zwykle plan nieregularny, dostosowany do terenu, z czasem jednak założenie warowni było więcej umiarowe, o ile miejsce na to pozwalało. Były zatem zamki trójkątne, pięcio- i wieloboczne, nawet owalne, najczęściej jednak wznoszono zamek w czworobok (na rzucie kwadratu, lub prostokąta) o 4 basztach narożnych i wieżowej bramie. Historycy przypisują typ ten naśladownictwu krzyżackich warowni, gdzie zakonny klasztor grupował się w kwadracie; prawdopodobnie nie bez wpływu była tu i tradycja budowy zamków drewnianych, o czworobocznych ścianach palowych z wieżami na 4 narożach. Założenie zamku w czworobok przyjęło się zatem w średniowieczu, a udoskonalilo w epoce renesansu, kiedy to,

na wzór Wawelu, środek zamku tworzył czworoboczny dziedziniec arkadowany.

Najpiękniejszym przykładem czworobocznego założenia jest potężny zamek w Mirze, koło Nieświeża, o kwadratowym planie, 4 basztach i z wieżą wjazdową. Znacznej grubości mury ceglane posiadają kilka rzędów strzelnic, zaś szkarpowane wieżycy, wysokie na 4 i 5 pięter, mają wneki ścienne ze strzelnicami i otworami do strącania pocisków. Wewnątrz murów grupują się dwa skrzydła mieszkalne, na zewnątrz zaś otaczają warownię wały ziemne. Renesansowy zamek w Krasicy z pocz. XVII. w. jest również czworoboczny, nie widać tam jednak wieńca obronnych murów z blankami i strzelnicami, lecz sam zamek wyrasta w zamknięty czworobok, ujmując wewnątrz wspaniałe dziedziniec z piętrowymi gankami. Na narożach wysterczają cztery, okrągłe baszty, na kilka pięter wysokie. Pierwsza obok wejścia baszta „papieska“ ma attykę lukarnową, druga z kolei „królewska“ ma cztery wieżyczki obronne ze strzelnicami, trzecia wieża „szlachecka“ kończy się koronkową attyką, zaś ostatnia kopulasta baszta mieści kaplicę zamkową. Brama wyrasta we wielopiętrową wieżę strażniczą, a grzebienie attyk przerzucają się z wież na mury dziedzińca o monumentalnym zakroju. Ta prawdziwie magnacka siedziba, która mieściła całe amfilady pokoi i sal, broniona była tylko wałem i fosą, zaś dostęp do bramy zamykał most zwodzony. To zamknięcie wieńca murów fortecznych, które zastępują ściany samych budynków zamkowych, stworzyło przejście do późniejszych założeń pałacowych. (Rys. 9).

Zamek w Baranowie tworzy wydłużony prostokąt; na jego narożach wyrastają 4 okrągłe baszty o dzwonych hełmach. Wspaniałe attyki lukarnowe zdobią ściany zamku i jego bramę wieżową. (Rys. 7). Również czworoboczny jest zamek króla Jana III. w Żółkwi, zbudowany z pocz. XVII. w. (Rys. 10). Rzut jego zamyka kwadrat (100 × 100 m) i jak zwykle, na narożach tego kwadratu wyrastają 4 czworoboczne baszty. Przez wieżową bramę prowadzi wejście na ogromny dziedziniec, który posiadał dawniej okazałą kolumnadę. Dalej do typów czworobocznych warowni należały zamki w Szydłowcu, Świrzu, Białym Kamieniu, Budzanowie, Mikulińcach, Pomorzanach, Złotym Potoku (Rys. 19), Nowosiółce, Krzywczu, Grzymałowie, Skałacie, Gołogórach. Kwadratowy zamek w Husiatynie służył wyłącznie do pomieszczenia załogi obronnej; była to zatem fortalicja, obronna rzędami strzelnic, oraz okrągłymi basztami na narożach; piątą jest dwupiętrowa wieża przejazdowa ze zwodzonym nad fosą mostem. Do typu fortalicjowego należą ruiny warowni w Czernelicy z pięknie dochowaną piętrową bramą. Mur z kamienia łupkowego obejmuje w czworobok 4 morgi majdanu, wysoki na 2¹/₂, szeroki na 1 m, dochował on otwory strzelnic dla broni ręcznej. Dalszym czworobokiem, lecz tylko trzybasztowym jest zamek w Kudryńcach (Rys. 3); ruiny zamku w Pniowie koło Nadwórny z XVI. w. mają aż 6 baszt wieżowych. (Rys. 2).

Okazały zamek mieszkalny w Gołuchowie tworzy również prostokąt czworoboczny. (Rys. 13). Sam budynek ma charakter więcej pałacowy, lecz dawniej był on broniony, gdyż otaczał go wieńiec murów i baszt ze strzelnicami. Do szeregu warowni o rzucie czworobocznym zaliczyć należy jeszcze zamki w Mławie, Gniewie, Golubiu, Ołyce, Jelinie, Sucheju, Zinkowie, Lidzie, Wyszynie (Rys. 22) i Międzybrodzie. (Rys. 21). Opisałiśmy zatem znaczniejszą ilość czworobocznych zamków z wieżami na narożach, aby udowodnić, że typ ten był najbardziej w Polsce rozpowszechniony. Plan zamku rozwijał się jednak i w innych zarysach, na przykład w Brzeża-

nach widziny kształt pięcioboku, zamkniętego piętrowymi gmachami; podobne założenie okazuje zamek w Laszkach murowanych, oraz w Czortkowie. Potężna twierdza pięcioboczna w Brodach (Rys. 11) wzniesiona została z pocz. XVII. w. według nowoczesnych już zasad techniki obronnej. Do tego typu należą jeszcze zamek Krzyżtopór (Ujazd) w formie pięciobocznej gwiazdy i zamek w Pułtusk.

Nie brak w planie warowni i innych figur geometrycznych; np. zamek w Olesku ma założenie eliptyczne, również owalne są ruiny zamku w Buczaczu. Znow rzadki zarys trójkąta dochowały zamki: w Skale, Jagielnicy, Tokach i Ciechanowie. Gdzieindziej wyrastały budowle zamkowe na planie wielobocznym, lub też grupowały się malowniczo w zarysach zupełnie nieregularnych, dostosowanych do terenu. Zwłaszcza ruiny średniowiecznych warowni należą do tej grupy, zatem zamki w Tenczynku, Czersku, Chęcinach, Ogrodzieńcu, Czorsztynie, Odrzykoniu, Dąbrowicy, Jazłowcu, Ostrogu i t. d. Potężnych rozmiarów zamek w Janowcu (Rys. 4) o nieregularnym, wydłużonym zarysie, nie posiada warownego wieńca murów, lecz same skrzydła zamkowej siedziby zamykają się w sobie. Przeszło 100 sal i pokoi mieściło się tam w amfiladzie, a bogata attyka koronkowa przebiegała u szczytu murów. Wydłużony pięciobok tworzą mury zamku w Trembowli z okrągłym rondlem na narożu; jeszcze silniej wydłużony zarys mają ruiny zamku w Sidorowie (prostokąt $30 \times 180 m$), wzmocnione półokrągłymi basztami z trójkątnymi wyskokami. Nakoniec piękny zamek w Starem Siole zdumiewa dziś jeszcze ogromem swego założenia. Nieumiarowo wzniesione mury zamczyska z XVII. w. wybiegają w potężne baszty wieloboczne o wspaniałych grzbietach attyk z esownicami barokowego zakroju.

Wiemy, że wiek XVII. przyniósł ogromną zmianę systemu fortyfikacyjnego w Polsce. I tak typ średniowiecznego zamku o warownych murach i basztach począł zanikać, a ukryta wewnątrz warowni siedziba mieszkalna włączyła się z czasem w system obronny, wzmacniając korpus swej budowy potężnymi basztami na narożach; w dalszym ciągu jednak tracił gmach zamkowy powoli swój charakter obronny, tworząc przejście do późniejszych budynków pałacowych. Zadanie dawniejszego zamku przejęły na siebie nowoczesne fortyfikacje ziemne, utworzone z wałów i fos, kurtyn i bastjonów, kawaljerów i rawelinów, które opierały się skutecznie pociskom potężnych armat oblężniczych. Dwa były u nas typy takich warowni; albo umacniano zamek dawniejszego typu obwarowaniami ziemnymi, albowiem budowano całą twierdzą według zasad inżynierji wojskowej.

Tak zatem otrzymał zamek w Brzeżanach (z XVI. w.) w czasach późniejszych potężne obwarowania ziemne bastjonów, wałów i szkarpowań, przyczem wyzyskano wody ze stawu i rzeki, dla odcięcia dostępu do tej twierdzy. Natomiast silna warownia w Brodach wybudowana została we w. XVII. już ściśle według nowych prawideł sztuki wojennej. Na obszernym pięcioboku dziedzińca zamkowego wznosiły się budynki mieszkalne; właściwą obronę tworzył pięciobok kurtyn ziemnych i narożnych bastjonów. Zewnętrzne szkarpy tych umocnień wyłożone były cegłą; nadto głębokie fosy oraz bagna wzmacniały obronność zamku, który dostępny był jedynie przez zwodzony most i sklepioną bramę, przepartą we wale ziemnym. Tak bastjony, jak i kurtyny otrzymały zewnątrz podziemne kazamaty, dla ukrycia załogi przed ogniem nieprzyjacielskim. (Rys. 11). Stary zamek w Zbarażu założony był podobnie jak w Brodach, ale w kwadrat, posiadał zatem potężne wały ziemne z ostremi beluardami na narożach. (Rys. 8). Kurtyny były wysokie na 12 m, zaś wieżch wałów two-

rzył platformę 21 metrowej szerokości. Umieszczona pośrodku kurtyny brama wieżowa miała kilka pięter ze strzelnicami i prowadziła na obszerny dziedzińiec; pałac, projektowany jako okazała budowla 4 skrzydłowa, nie został w całości rozbudowany. Podziemne kazamaty łączyły się w 4 narożach chodnikami podziemnymi z budynkiem zamkowym.

W Złoczowie zachowała się w dobrym stanie warowna cytadela (w. XVII.), założona w kwadrat z wałami i pięciokątnymi narożnikami, wyłożonymi kamieniem; na narożnikach tych wysterczają sześcioboczne wieżyczki, które tworzą miniaturowe strażnice zamku. Przerzucony nad fosą most prowadzi do piętrowej bramy z okazałą sienią. Na majdanie (110 m w kwadrat) wznosi się królewski pałac (dziś niestety więzienie!) oraz okrągła kaplica. Podobne bastjony z kopulastymi wieżyczkami narożnymi, oraz czworobok wałów otrzymał we w. XVII. stary zamek w Dubnie, dla wzmocnienia obronności. Okopy św. Trójcy jestto silnie obronny z natury przesmyk pomiędzy jarami Dniestru i Zbrucza, zamknięty nadto dwoma rzędami wałów i bastjonów. Przejście przez Okopy prowadzi przez dwie obszerne bramy, umieszczone w wałach ziemnych. Znow zamek we Wiśniczu jest starą budowlą z XV. wieku, ujętą basztami okrągłymi i czworobocznymi, wzmocnioną znacznie później wieńcem fortyfikacji o pięciokątnych narożnikach. Silną twierdzą bastjonową o nowoczesnym założeniu był zamek w Jagielnicy z XVII. w. Wysokie jego kurtyny, usypane w linii trójkąta i ciosem od zewnątrz wyłożone, mają rzy narożne beluardy, które ostro wysterczają na zewnątrz. Dalszym pięknym przykładem tego typu warowni jest zamek Krzyżtopór z XVII. w., którego korpus główny ujmują pięcioboczne skrzydła mieszkalne z basztami i wieżową bramą od frontu. Równoległe do ścian zamku usypane są na zewnątrz potężne wały pięcioboczne z kawaljerami na narożach, otoczone fosą wodną i kontrszkarpami w zarysie gwiazdy pięcioramiennej.

Zamek w Rzeszowie jest analogją zamku zbarraskiego; tak zatem cztery skrzydła budowy ujmują przestrzeń dziedzińca, do którego wejście tworzy wysoka brama wieżowa, zaś niskie mury obwarowań przechodzą ku dołowi, jako szkarpowania wałów. Na czterech węgłach wysterczają ostrym ukosem kawaljery armatnie ze strażniczymi wieżyczkami. (Rys. 12). Zamek w Pułtusk u tworzył znow pięciobok warowny z bastjonami, oblany wodami fosy o zarysie gwiazdy. Również i zamek w Zbąszyniu dochował fortyfikacje ziemne typu z XVII. st. z wielobocznymi narożnikami i blankowaniem parapetów na wałach. Stary zamek w Łowiczu miał umocnienia z dwu epok. I tak zabudowania zamkowe o attykowych nasadach ujmował czworobok murów z basztami i strzelnicami. Przed bramą wieżową przerzucony był most zwodzony nad pierwszą fosą, zaczem zewnątrzny pierścień wałów ziemnych tworzył drugie opasanie, zabezpieczone wodą i dostępne jedynie przez warowną bramę zewnętrzną. Do obwarowań dodano później kurtyny i narożne bastjony, zaś przez rów zewnętrzny przerzucono długi most drewniany. (Rys. 6).

Również dwie epoki złożyły się na potężne umocnienia skalistego zamku w Kamieńcu Podolskim, który posiadał, obok dawnego czworoboku murów i baszt, dobudowaną później fortyfikację o dwu orillonach z narożnymi wieżyczkami strażniczymi. (Rys. 14 vieille forteresse i chateau neuf). Nakoniec znany powszechnie zamek w Podhorcach z XVII. w. jest już budową schyłkowego typu i tworzy raczej otwarte założenie pałacowe, nieznacznie tylko bronione przed niespodziewanym napadem. Nie jestto zatem warownia, lecz „pańska siedziba, służąca dla uciech i smacznego odpoczynku“, a obronę jej tworzył tylko czworobok niskich murów ciosowych z dziedzińcem wewnętrznym pośrodku.

Nadto dwie wieże zamkowe otrzymały również u dołu obronne podmurowania z narożnymi wieżyczkami. Zamek w Podhorcach jest zatem tworem pośrednim pomiędzy warownią dawnych czasów, a typem pałaców barokowych.

O ile dawne zamki dochowały się do naszych czasów, choćby tylko w malowniczych ruinach, to bardzo niewiele pozostało z obwarowań miast polskich. Główną przyczyną ich zaniknięcia była dążność do rozbudowy osiedli miejskich w XIX. w. Wtedy to pękał i kruszył się przedewszystkiem ciasny pierścień murów, wałów i fos, który ulegał zagładzie, aby śródmieście mogło bez przeszkody zrosnąć się z okolnymi dzielnicami. Zaledwie tu i ówdzie można jeszcze spotkać znikome resztki dawnych wojennych umocnień. Pierwowzorem dla obwarowań miejskich była stolica Polski Kraków, opasany wieńcem podwójnych murów, zaopatrzonych w średnio-wieczne blankowania, krągłe baszty ze strzelistymi hełmami, oraz kryte hurdyce ze strzelnicami. Górne piętra wież posiadały arkadowaną galerję z machikułami, wysuniętą na zewnątrz na kroksztynach. Pierwsze piętro baszty łączyło się z drogą straży na murach, poniżej była piwnica, zaś kondygnacje wyższe ze strzelnicami mieściły obrońców, którzy razili napastników ogniem prostym i flankowym. (Rys. 27). Mur zewnętrzny był niższy od wewnętrznego i nie przysłaniał atakujących przed strzałami obrony z wewnętrznego wieńca baszt i murów. Również podwójne były bramy miejskie i łączyły się one długą szyją ze sobą na szerokości międzymurza. Brama Nowa (Rys. 29) miała atyki i pulpitowe dachy, podobnie jak brama Szewska, której atyka średnio-wiecznego typu wyszczerzała zęby blankowe. Przedłużenie bramy Sławkowskiej tworzył pięcioboczny hełuard, skąd ogień armatni zamykał skutecznie dostęp do bramy. Najpotężniej bronione było dojście do bramy Florjańskiej, którą osłaniał barbakan warowny, z drogą straży, strzelnicami, oraz galerją machikułów, z której wysterczają smukłe wieżyczki strażnicze. Wydłużona szyja, łącząca rondel z bramami, była zbrojna w strzelnice u dołu i w hurdyce powyżej. Następnie budynek tylny (poza rondlem) posiadał przejścia trzykrotnie zamknięte, które z kolei należało zdobyć; dalszą przeszkodą była brama zewnętrzna, a ostatnim punktem obrony była nakoniec sama wieża Florjań-

skiej bramy. Strzelnice murów były albo prostopadłe z szerokim rozglifieniem od środka, albo ukośne we formie szpar, ku tyłowi rozszerzonych. Strzelnice armatnie miały okrągłe wyloty w kamiennych płytach, z pionową szparą u góry, która służyła do obserwacji pola obstrzału; szeroka wnęka w murze umożliwiała ustawienie działa i pomieszczenie żołnierzy. Baszta stolarska dochowała nawet otwory strzelnic w kształcie krzyża.

Z innych miast zachował jedynie Szydłów w całości wieńec kamiennych murów warownych; inne mają (podobnie jak Kraków) tylko skromne resztki dawnych umocnień. I tak Sandomierz posiada tylko jedną bramę Opatowską z XIV. w., zaś Opátów zachował z 4 bram tylko warszawską. Natomiast Dobczyce mają dziś jeszcze ruiny dawnych umocnień z resztką wieży strażniczej. W Bieczu widzimy jeszcze dwie baszty i resztki murów, a z dawnych obwarowań Lublina, przedstawionych na rysunku 25, ocalała tylko okazała brama Krakowska. Zresztą tylko stare rysunki uwidaczniają, jak wyglądały obwarowania Poznania, Gieszyna, Żółkwi, Wilna, Smoleńska (Rys. 26) i wielu innych miast polskich. Zamóść zbudowany we w. XVI. stał się równocześnie potężną twierdzą, o nowoczesnych fortyfikacjach z an-gułami w kształcie orillonów i trzema wieżowemi bramami; głębokie fosy i kontrszkarpy utrudniały dostęp do tych umocnień, o które nieraz rozbijały się fale najeźdźców. (Rys. 28).

Nakoniec Lwów był jeszcze we wieku XVIII. (według rękopisów Tadeusza de Thulliego) „fortecą, mającą dokoła mury, wały, fossy, dwie do wjazdu bram, to jest Krakowską y Halicką, y dwie furty, Jezuicką y Bosacką. Ile prawie cechów rzemieślniczych było, tyle było w murze, opasującym miasto, baszt (17), a to na przypadek wojny, y oblężenia miasta, aby się uprowiantowało, y w nich aby prowianty miały swoy schowek, y oraz się bronić od nieprzyjaciela“.

Opisane powyżej cechy obronne zamków i miast warownych w Polsce widoczne były i na innych budynkach z minionych wieków; w pierwszym rzędzie zachowały się stare kościoły i klasztory, opisane w N-rze 15, 16 i 17 *Czasopisma Technicznego* z r. 1931.

Inż. Czesław Kanafojski.

Przyczynek do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki.

(Ciąg dalszy).

IV. WYNIKI BADAŃ PRZY OBROTOWYM RUCHU OSTRÓG.

Zaznajomiwszy się z ogólnymi zasadami według których występują zjawiska odkształceń i wytrzymałościowe w ciałach sypkich, plastycznych i o właściwościach pośrednich, pod wpływem przesuwnego działania ostróg, bardziej zrozumiałe i łatwiejsze będzie obecnie zaznajomienie się z analogicznymi zjawiskami, występującymi przy ruchu obrotowym ostróg. Ta serja badań była przeprowadzona przy pomocy poprzednio opisanego przyrządu.

Ostroga, przymocowana do ramienia, poruszała się po łuku koła, zagłębiając się stopniowo w badany materiał glebowy, przyczem położenie środka obrotu pozostawało niezmiennione. Innymi słowy ostroga obracała się w miejscu. Przy tego rodzaju ruchu ostróg należało uwzględnić zmiany wielkości powierzchni nacisku ostrogi, oraz zmiany kąta ustawień jej roboczej powierzchni.

Przy obrotowym ruchu, wszystkie ostrogi, ustawione równolegle do osi obrotu, posiadają w początkowych swych położeniach powierzchnie robocze odchylone mniej lub więcej ku tyłowi. W miarę zmiany kąta działania ostrogi w glebie, zmieniają się również wartości wypadkowych „p“ oporów oraz odległości „r“ od środka obrotu ostrogi do kierunku działania tych wypadkowych. Moment oporu gleby da się wyrazić jako: $M = f(p, r)$ przyczem zmienne wartości „p“ i „r“ są zależne nie tylko od danego chwilowego kąta położenia ostrogi, lecz i od całego szeregu zmian deformacyjnych, zachodzących w okresie między początkowym położeniem ostrogi, a rozpatrywaniem w danej chwili. Ponieważ jednak te zmiany są bardzo skomplikowane i częstokroć trudne do uchwycenia, więc dla uproszczenia zagadnienia przyjmujemy w pierwszym przybliżeniu $r = \text{const.}$, t. zn. równe odległości od środka obrotu ostrogi do połowy wysokości jej roboczej powierzchni. Ponieważ ta odległość równa jest zarazem promieniowi koła łańcuchowego, więc zmiany wielkości momentu oporów gleby można zastąpić zmianą

momentów sił działających na obwodzie koła łańcuchowego. W ten sposób zmiany tych sił będą do pewnego stopnia charakteryzować zmiany sumarycznych oporów, jaki przeciwstawiają badane gleby.

Rys. 61 przedstawia zestawienie wykresów zmian oporów, jakie napotykać rozmaitego typu ostrogi, ustawione równoległe do swej osi obrotu, podczas działania w czystym piasku. Na osi rzędnych oznaczono zmiany obciążeń na obwodzie koła łańcuchowego, a na osi odciętych — zmiany kątów ustawienia ostróg względem ich początkowego położenia, które na wykresie zostało przyjęte jako kąt równy 0. Liczby, umieszczone na końcach poszczególnych linii, oznaczają numery stosowanych ostróg.

Z wykresów, uwidoczniionych na rys. 61 widać, że w piasku powietrznie suchym, nieugniecionym bez względu na rodzaj i wymiary ostróg występuje przy początkowych obciążeniach mniej lub więcej znaczna zmiana kątowa w ich położeniach „ $o a$, „ $o a_1$, „ $o a_2 \dots$ “. W tym okresie powierzchnie robocze ostróg są wprawdzie odchyłone pod małymi kątami względem poziomu, lecz z jednej strony mała powierzchnia działania ostrogi, a więc dość znaczny jej nacisk jednostkowy, a z drugiej strony minimalna zwięzłość materiału sypkiego powoduje daleko idące odkształcenia górnych warstw piasku. Wskutek bardzo małych oporów tych warstw stosowana zmiana obciążenia (co 1 kg) jest zbyt wielka, aby móc uchwycić początkowe poszczególne ścięcia. W tym okresie stosowane początkowe obciążenia koła łańcuchowego wywołuje równocześnie kilka ścięć materiału oraz wygarnięcie ściętych mas na wierzch. Zewnętrzna deformacja robi wrażenie garnięcia piasku przez ostrogę. Jednak i podczas tego początkowego okresu działania ostróg można zauważyć wpływ większego lub mniejszego odchylenia czołowej powierzchni ostrogi na wielkość jej początkowego zagłębienia się. Tak np. ostroga nr. 6 napotyka większy opór i przesuwa się o 7° wtedy, gdy ostroga nr. 2 przechodzi po łuku, odpowiadającemu 10° . Natomiast ostroga nr. 4 z częściowo wyciętą czołową powierzchnią zagłębiła się w piasku najwięcej, a to wskutek stosunkowo znacznych jej ciśnień jednostkowych.

W miarę zagłębienia się ostrogi w badany materiał glebowy, kąt odchylenia powierzchni czołowej zmniejsza się, lecz równocześnie zwiększa się powierzchnia nacisku ostrogi, a więc maleje jej nacisk jednostkowy. Należy zaznaczyć, że powierzchnia nacisku ostrogi zwiększa się nie tylko wskutek jej zagłębienia, lecz i wskutek wygarnięcia ściętego materiału na wierzch. Chociaż opór tego wygarniętego materiału jest nieznaczny, lecz zawsze wywiera pewien wpływ na sumaryczną wielkość oporu gleby.

Gdy nacisk jednostkowy roboczej powierzchni ostrogi natyle zmaleje, że niezdolna przewyciężyć oporu piasku, natenczas ostroga zatrzymuje się w swym ruchu kołowym. Dalszy wzrost nacisku ostrogi (obciążenia na kole łańcuchowym) powoduje początkowo zmianę stanu skupienia cząsteczek piasku (zagęszczenie) w pewnym obszarze przed ostrogą, podobnie jak to zachodzi przy przesuwnym ruchu ostróg. Te zagęszczające działania ostróg, a zarazem wzrost oporu piasku są uwidocznione na wykresach w postaci stromo wznoszących się linii „ $a_1 b_1$ “, „ $a_2 b_2$ “ i t. d. W tym okresie „płynnej deformacji“ piasku nacisk ostrogi pokonywuje tarcie wewnętrzne międzycząsteczkowe materiału, z którego tworzy się „klin piaszczysty“. Przy dalszym wzroście nacisku wytrzymałość materiału na ścinanie zostaje przekroczona i tworzy się pierwsza większa wyraźna powierzchnia usuwiskowa, wzdłuż której zostaje jednocześnie przesunięta ku górze ścięta masa piasku, a ostroga wykonywuje znaczny ruch obrotowy, zagłębiając się

jeszcze więcej w materiał. Razem z obrotowym ruchem ostrogi następują przesunięcia wewnątrz zagęszczonego przed ostrogą obszaru, które powodują zmiany wielkości i kształtu „klina“. W momencie ścinania materiału nie zawsze da się zauważyć krawędź drugiej powierzchni usuwiskowej, skierowanej ku ostrodze, którą zawsze zaobserwowano przy przesuwnym ruchu ostrogi (w kierunku „ $b a$ “). Utworzenie się jej jest w tym wypadku znacznie utrudnione wskutek wystającej ponad poziom piasku wolnej czołowej powierzchni ostrogi, nachylonej pod dość małym kątem względem poziomu, wskutek tego utrudniającej „wpełzanie“ piasku na ostrogę. Jednak niewątpliwie ta druga powierzchnia usuwiskowa powstaje i niekiedy można ją zaobserwować, jak również można zauważyć obrotowe ruchy cząsteczek zagęszczonego obszaru skierowane w górę, podobnie jak to było opisane w poprzednim rozdziale.

Po wywołaniu pierwszego większego ścięcia, ostroga wskutek zmniejszonego oporu piasku, jak już wspomniano, znacznie się zagłębia, a jednocześnie maleje jej nacisk jednostkowy. Zmniejszenie tego nacisku z jednej strony, a większa wytrzymałość materiału w dolnych warstwach (statyczne ciśnienie piasku) z drugiej powodują, że po pewnym zagłębieniu się ostroga znów zatrzymuje się w miejscu. W piasku powietrznie suchym i niewałowanym dalszy wzrost nacisku ostrogi po wywołaniu pierwszego ścięcia jest już na tyle wielki, że częstokroć wywołuje bezpośrednio następne ścięcia aż do zupełnego zerwania materiału piaszczystego. Dlatego też na wykresie powyżej punktów $b_1 b_2$ i t. d. nie widać dalszych okresów zagęszczania materiałów. Należy podkreślić, że wszystkie zerwania niezależnie od rodzaju i wielkości ostróg, oznaczonych na wykresie, następowały przed osiągnięciem prostopadłego ich ustawienia (przed kątem 90°).

Powietrznie suchy uwałowany piasek deformuje się zasadniczo podobnie jak i nieuwałowany, jedynie wykazuje większe wartości oporów i nieco wyraźniejsze odgraniczenia między okresami zagęszczeń cząsteczek piasku, a momentami ścięć i przesunięć ściętych mas materiału.

W piasku nawilgoconym do 14% — 18% pełnej pojemności wodnej i uwałowanym, przyczepność międzycząsteczkowa jest już znacznie większa, aniżeli w piasku powietrznie suchym. Wskutek tego można zauważyć nie tylko tworzenie się pierwszych niewielkich powierzchniowych ścięć, występujących już w początkowym okresie działania ostrogi, lecz i początkowe odkształcenia materiału, występujące pod wpływem ugniatającego działania ostróg. To ostatnie zjawisko szczególnie występuje wyraźnie przy zastosowaniu ostróg, posiadających odchyłone ku tyłowi powierzchnie czołowe. Na wykresie są uwidocznione pierwsze powierzchniowe ścięcia linją łamaną na odcinku „ $o d$ “. Rys. 62 przedstawia takie ugniatające działanie ostrogi nr. 6 w momencie powstania pierwszego ścięcia.

Ze względu na wyżej wspomnianą większą przyczepność międzycząsteczkową a z drugiej strony na większe tarcie wewnętrzne międzycząsteczkowe, wytrzymałość na ścinanie takiego piasku jest znacznie większa od analogicznej wytrzymałości piasku powietrznie suchego. Natomiast jeszcze silniej występują różnice między okresami przeważającego działania zagęszczającego cząsteczki, a momentami ścięć masy materiału. Dlatego też wykresy, przedstawiające przebiegi zmian oporów, składają się z linii znacznie odchyłonych do poziomu, jak np. „ $d e$ “, „ $d' e'$ “ z dłuższych stromych wzniesień „ $o d$ “, „ $o' d'$ “, „ $e f$ “, „ $e' f'$ “. Porównywując wykresy dla ostróg nr. 2 i nr. 6 widzimy, że pierwsze większe ścięcie zachodzi po przejściu jednakowej drogi od początkowego ich położenia („ $o d$ “, „ $o' d'$ “).

Piasek, nawilgocony do 40%—45% wilgotności i uwałowany, zachowuje się analogicznie, jak przy stanie 14%—18% wilgotności. Jedynie wytrzymałość jego jest jeszcze większa. Pierwszy okres przeważającego ugniatającego działania dla ostrogi nr. 2 sięga od „0” do „r”. W tym okresie widać jednak początkowe powierzchniowe ściecia, np. w punkcie „m”. Pierwsze większe ściecie i przesunięcie ściętych mas zachodzi na odcinku „r s”, a następne na odcinku „t w”.

Na rys. 63 są przedstawione trzy kolejne fazy deformacji wilgotnego (40%) ugniecionego piasku w podłużnym przekroju materiału pod wpływem działania ostrogi nr. 2. Pierwsze zdjęcie (rys. 63 a) przedstawia odkształcenie, które zaszło po wywołaniu pierwszego większego ściecia i przesunięcia ściętej masy piasku „1”. Na tem zdjęciu widać jednak i poprzednio utworzone małe powierzchniowe ściecia „s”. Rys. 63 b przedstawia odkształcenie, powstałe po wywołaniu drugiego ściecia z równoczesnym przesunięciem ku górze świeżo ściętej i odchylonej ku tyłowi poprzednio ściętej masy piasku. Przedstawione położenie ostrogi odpowiada na wykresie punktowi „w”. Na tem zdjęciu można już zauważyć krawędź pionowego przekroju drugiej powierzchni usuwiskowej (linja kreskowana), która jest zarazem krawędzią ograniczającą powierzchnię „piaszczystego klina”. Widoczny jest jednak zapoczątkowany już obrót tego klina w kierunku, oznaczonym strzałką. Wreszcie rysunek 63 c przedstawia końcową fazę ściecia masy piasku, przy której następuje całkowite zerwanie materiału (na wykresie punkt „z”), przyczem poprzednio ścięte masy zajmują położenia „1” i „2”.

Podobnie jak w piasku powietrznie suchym niewałowanym lub uwałowanym, tak też i w piasku wilgotnym uwałowanym największe opory materiału występują przy działaniu ostróg nr. 6 i nr. 7, a najmniejsze przy działaniu ostrogi nr. 4. Różnice w ogólnej wytrzymałości między działaniami tych dwu rodzajów ostróg są jednak większe w piasku wilgotnym, aniżeli w powietrznie suchym.

Podobnie jak przy przesuwnym ruchu ostrogi, tak też i przy jej obrotowym, czas działania obciążenia nie wpływa na dalsze widoczne odkształcenie masy piasku. Powyższa właściwość ogromnie ułatwia badania.

Na rys. 64 są zestawione wykresy zmian ogólnych oporów piasku, występujących przy zastosowaniu ostróg nr. 8, 9 i 10. Z tych wykresów widać pewne analogie zachodzące w okresach pracy wyżej wymienionych ostróg. We wszystkich rozpatrywanych stanach wilgotności i ugniecenia piasku wyraźnie występuje pierwszy okres „wrzynania się” ostrog: „o a₁”, „o a₂”, „o a₃” i t. d., po którym następuje okres zmian stanu skupienia cząsteczek piasku: „a₁ b₁”, „a₂ b₂”, „a₃ b₃” i t. d. Przy dalszym wzroście nacisku ostrogi występuje z kolei moment ściecia: „b₁ c₁”, „b₂ c₂”, „b₃ c₃” i t. d., który zmienia się znowu okresem zagęszczania materiału: „c₁ d₁”, „c₂ d₂”, „c₃ d₃” i t. d.

Co się tyczy wielkości oporów w piasku przy działaniu ostróg ustawionych śrubowo na obwodzie ramienia, to są one początkowo mniejsze w porównaniu z oporami, powstającymi przy działaniu poprzednio omówionych ostróg. Czyli mówiąc inaczej, zagłębianie się ostróg nr. 8, 9 i 10 jest łatwiejsze. Porównując wielkości oporów, występujących w momencie zrywania materiału widzimy, że o ile w piasku powietrznie suchym niewałowanym najłatwiej zrywała ostroga nr. 9, to w piasku posiadającym 14%—18% wilgotności, ta sama ostroga w porównaniu z innymi, wytrzymała największe obciążenia na kole łańcuchowym. Natomiast przy wilgotności 40%—45% opór piasku względem omawianej ostrogi znów jest stosunkowo mniejszy.

Ogólny charakter przebiegu zmian oporów w piasku, przedstawiony na rys. 64, jest niewątpliwie taki sam,

jak na rys. 61. Różnice polegają jedynie na ilości odchyleń linii wykresów w kierunku poziomym. Poza tem okresy przeważającego zagęszczającego działania przy zastosowaniu ostróg nr. 8, 9 i 10 są krótsze, aniżeli w wykresach na rys. 61.

Porównując otrzymane wyniki zmian wielkości ogólnych oporów w piasku z wykresem Randolpha, mającego zobrazować zmiany wielkości sił stycznych, działających na obwodzie koła przy zastosowaniu pojedynczej ostrogi (rys. 4), widzimy znaczne różnice zachodzące w przebiegu wykresów. Wykreślony przebieg zmian oporów, przedstawiony przez Randolpha, całkiem nie jest charakterystyczny dla czystego piasku w ogólności, a już szczególnie dla piasku wilgotnego i ugniecionego, z jakim właśnie Randolph przeprowadzał doświadczenia z równoczesnym wpływem ugniatającego działania obwodu koła, to jednak zasadniczo charakterystyczny przebieg zmian oporów nie powinien ulec znacznym zmianom w porównaniu z działaniem samej tylko ostrogi. Jak zobaczymy w dalszym ciągu, że i przy działaniu ostrogi, umocowanej na obwodzie koła, omówione charakterystyczne właściwości wytrzymałościowe piasku pozostają, na ogół biorąc, nie zmienione. Ten tak odmienny charakter przebiegu krzywej na wykresie Randolpha w porównaniu z zarysami naszych wykresów, można tylko tem tłumaczyć, że czas działania zmiany wielkości sił stycznych na obwodzie koła, był w doświadczeniach Randolpha na tyle krótki, że wskazania załączonego siłomierza nie zdołały uchwycić poszczególnych okresów deformacyjnych, a zarazem oporowych piasku.

Przy omawianiu odkształceń masy piasku niejednokrotnie podkreślano, że jednocześnie ze ścięciem następuje większe lub mniejsze przesunięcie ściętych mas wzdłuż utworzonej powierzchni usuwiskowej. Otóż taka raptowna zmiana oporów powoduje powstawanie „żywej siły”, wskutek szybkiego opuszczania się ciężaru zaczepionego na kole łańcuchowym. Prędkość opuszczania się takiego ciężaru w momencie przesunięcia się ściętych mas piasku jest oczywiście hamowana oporami, występującymi przy podnoszeniu ku górze ściętych mas, jednak działanie energii kinetycznej niewątpliwie wpływa na wielkość deformacji i zagłębień ostróg.

Wykreślona metoda przedstawienia zmian oporu badanego materiału powinna dać pewne wskazówki, dotyczące rozstawienia danego typu ostróg na obwodzie koła. W tym celu przeprowadzono doświadczenia z ostrogą nr. 11 na piasku wilgotnym (40%) i uwałowanym, a odpowiadający wykres zmian oporów uwidocznił na rys. 65.

Porównując zmiany oporowe dla ostróg nr. 2 i nr. 11 widzimy, że ta ostatnia pokonywa wprawdzie mniejszy opór przy początkowym zagłębianiu się w piasek, lecz z drugiej strony końcowe zrywające obciążenie jest mniejsze, aniżeli przy zastosowaniu ostrogi nr. 2. Celem zmniejszenia z jednej strony oporów w okresie zagłębiania się ostrogi kształtu prostokątnego, a z drugiej zaś, aby nie zmniejszać wielkości końcowych oporów materiału, praktyka, jak wiadomo, rozwiązuje to zagadnienie przez stosowanie węższych ostróg, lecz ustawionych dość gęsto na obwodzie koła na przemian w zygzak.

Nasze doświadczenia wykazały, że najlepsza odległość od środka do środka kolejno następujących po sobie ostróg nr. 11 jest taka, przy której początek działania drugiej ostrogi przypada przed momentem wtórnego ściecia poprzedzającej ostrogi, t. zn. odległość „t” (rys. 65). Wyniki z kilkakrotnie powtórzonych doświadczeń wykazują, że przy zachowaniu powyższego rozstępu między ostrogami nr. 11 (podwójne ostrogi nr. 11 oznaczono jako nr. 13) zamiast prostej „c₁ d₁”, przedstawiającej gwałtowne wtórne ściecie przy działaniu pojedynczej ostrogi nr. 11, otrzymuje się łamaną linię

„c₂ d₂“, przedstawiającą szereg kolejno następujących po sobie mniejszych ścięć, przesunięć i zagęszczeń materiału. Do punktów „b₂“ działa wyłącznie pierwsza pojedyncza ostroga, a począwszy od tego punktu rozpoczyna się już działanie sumaryczne obydwu ostróg. Dopiero przy pewnym większym obciążeniu koła łańcuchowego następuje silniejsze przesunięcie obydwu ostróg „d₂ e₂“, przyczem punkt „d₂“ leży znacznie wyżej od punktu „c₁“. Ogólna wytrzymałość piasku na zerwanie przy zastosowaniu w ten sposób rozmieszczonych ostróg okazała się znacznie większa w porównaniu z zastosowaniem pojedynczej ostrogi nr. 2. Doświadczenia, przeprowadzone z gęściejszym i rzadszym rozstawieniem tych samych ostróg, wykazały w pierwszym wypadku znaczny opór przy ich zagłębianiu się oraz dość gwałtowne ścięcie i przesunięcie przy niższym obciążeniu, aniżeli „d₂“, w drugim zaś wypadku początkowy opór przy zagłębianiu się był wprawdzie taki sam jak przy rozstępie „t“ ostróg, jednak ścięcia „c₁ d₁“ następowało wcześniej, zanim następną ostroga zdołała temu przeciwdziałać.

Przeglądając liczby zestawione w wykresach rys. 61, 64 i 65, można zauważyć, że po osiągnięciu przez niektóre ostrogi pewnego mniej więcej stałego swego kąтового położenia w piasku, następuje zjawisko pierwszego większego ścięcia. Tak np. ostroga nr. 2 po osiągnięciu położenia czołowej powierzchni odpowiadającego kątowni 60°—63° przy dalszym wzroście obciążenia powoduje powstawanie pierwszego większego ścięcia. Ostroga nr. 3 — po osiągnięciu mniej więcej 58°—60°, a ostroga nr. 6 po osiągnięciu 35°—38°. Następne ścięcia występują również po osiągnięciu przez niektóre ostrogi pewnego mniej lub więcej stałego położenia. Tak np. ostroga nr. 2 (tab. X.) powtórnie ścina po osiągnięciu położenia 41°—42°, a ostroga nr. 3 po osiągnięciu 63°—64°.

Leśno-stepowe gleby I, II i III, przesiane przez sita i będące w stanie powietrznie suchym, posiadają wspólne omawiane właściwości z piaskiem. Przy wałowaniu warstwowemu przyczepność między cząsteczkami gleby, znajdującymi się na powierzchni dwu sąsiednich ugniecionych warstw, podobnie jak w piasku, nie wpływa w widoczny sposób na zmianę wytrzymałości w płaszczyznach styku tych warstw. Następnie czas działania danego obciążenia ostrogi również w bardzo małym stopniu zmienia wzajemny układ cząsteczek gleby, co wskazuje, że podobnie jak piasek, gleby leśno-stepowe w opisanym stanie są mało ściśliwe. Naogół jednak biorąc badane materiały glebowe były mniej jednorodne w porównaniu z piaskiem. Tłómaczy się to znaczną procentową zawartością frakcyj drobnych i najdrobniejszych cząsteczek (tab. I). Dlatego też badania z glebami leśno-stepowymi były bardziej mozolne.

Na rys. 66 jest przedstawione zestawienie wykresów zmian oporu dla gleby I. Cyfry umieszczone na końcu każdego przebiegu oznaczają, tak jak i poprzednio, numery stosowanych ostróg.

W glebie leśno-stepowej powietrznie suchej i nieuwałowanej po pierwszym okresie „garnięcia“ „o m“ kolejny okres przeważającego ugniatającego działania nie następuje tak wyraźnie, jak w piasku (za wyjątkiem ostrogi nr. 6), lecz przy dalszym wzroście nacisku ostrogi powstaje bezpośrednio następne ścięcie. Widocznie odporność na zagęszczanie cząsteczek gleby w tym stanie jest tak niewielka, że przy różnicy zmian obciążenia, wynoszącej 1 kg, następują bezpośrednio dalsze ścięcia gleby. Największą odporność wykazała gleba przy działaniu ostrogi nr. 3, a najmniejszą — przy działaniu ostrogi nr. 4.

Naogół biorąc przebieg deformacyjny w glebie przesianej, powietrznie suchej wałowanej lub niewałowanej, jest prawie taki sam, jak w piasku. Rys. 67 przedstawia kilka faz odkształceń gleby I, zachodzących pod wpływem działania ostrogi nr. 2. Pod „a“ jest pokazane

początkowe ustawienie ostrogi, pod „b“ — pierwsze ścięcie, które na wykresie (rys. 66) zachodzi na odcinku „o a₂“, pod „c“ — dalsze przesunięcie poprzednio ściętej warstwy gleby wzdłuż powierzchni usuwiskowej (na wykresie: „a₂ b₂“) i wreszcie pod „d“ — powtórne ścięcie i przesunięcie ku górze obydwu ściętych mas gleby (na wykresie: odcinek „c d“).

W glebach leśno-stepowych powietrznie suchych i uwałowanych okresy przeważającego zagęszczenia wyraźnie już występują naprzemian ze ścinaniem i przesuwaniem ściętych mas gleby. Szczególnie odnosi się to do działań ostrogi nr. 3 i nr. 6. Przy działaniu pierwszej ostrogi są widoczne zdecydowane odchylenia: „a₃ b₃“, „c₃ b₃“ i t. d., a przy działaniu drugiej ostrogi odchylenia: „a₄ b₄“, „c₄ d₄“. W większości wypadków okresy zagęszczania materiałów glebowych w ich rozpatrywanych stanach są krótsze od analogicznych okresów w piasku. Objaśnia się to tem, że taka gleba jest mniej wytrzymała na nacisk wskutek mniejszego wewnętrznego tarcia międzycząsteczkowego. Jedynie przy zastosowaniu ostróg nr. 3 i nr. 6 występują dłuższe okresy przeważającego zagęszczającego działania: „p r“ i „k l“. Przesunięcia ściętych mas gleby wzdłuż utworzonych powierzchni usuwiskowych nie zachodzą zazwyczaj tak raptownie jak w piasku. Niekiedy kilka zmian obciążeń powoduje jedynie dalsze wysuwanie poprzednio ściętego materiału.

Porównyując ogólną wytrzymałość na zerwanie gleby powietrznie suchej nieuwałowanej i uwałowanej na działanie ostróg, oznaczonych na wykresie, widzimy, że maksymalne obciążenia ostrogi nr. 6 ogromnie wzrosło, natomiast ostrogi nr. 1, 5 i 4 zrywały przy jednakowych stosunkowo niewielkich obciążeniach. Na przebieg zmian oporów glebowych wywiera niewątpliwie wpływ większe lub mniejsze ugniecenie materiałów podczas wałowania (co odpowiada w warunkach rzeczywistych większemu lub mniejszemu zleżeniu gleby). Celem zbadania tego wpływu przeprowadzono szereg doświadczeń z ostrogą nr. 2 na glebie leśno-stepowej II, powietrznie suchej, ugniezionej w rozmaitym stopniu. Otrzymane średnie wyniki z trzykrotnych powtórzeń są zestawione na wykresie rys. 68 (löss II. p. s. 1, 2, 3).

Z tego zestawienia wynika, że ze zwiększeniem stopnia ugniecenia gleby końcowe opory przy zrywaniu ostrogą nr. 2 wybitnie wzrastają. Silniej uwałowana gleba jest więcej uodporniona na nacisk ostrogi, co powoduje, że okresy zagęszczania są dłuższe. Natomiast przesunięcia ściętych mas gleby zachodzą raptownie, co ze względu na znaczne obciążenia, wywołujące ścinania, jest zupełnie zrozumiałe. Ze zwiększeniem stopnia ugniecenia gleby zwiększają się również obciążenia zagęszczające cząsteczki glebowe („c₄ d₄“, „c₅ d₅“), tak, że ogólny charakter wykresów upodabnia się do wykresu piasku. Z omawianych wykresów widać, że pierwsze większe ścięcia b₁, b₂, b₃... pojawiały się wówczas, gdy ostroga nr. 2 zajmowała położenie 60,5°—63°.

Przy nawilgacaniu powietrznie suchej przesianej gleby pod wpływem adsorbcyjnego działania wody, poszczególne przesiane cząsteczki jak wiadomo, łączą się w pewne większe lub mniejsze skupienia. Inaczej mówiąc, następuje zgrużenie gleby. Rys. 69 i 70 przedstawiają strukturę powietrznie suchej i nawilgoconej gleby do 40% jej pełnej pojemności. (Rysunki wykonane na podstawie naszych badań mikroskopowych). Przy napełnianiu rynny przyrządu wilgotną glebą wzajemny układ gruzełków podlega dalszym zmianom. Warstwy górne, cisnąc na dolne, ugniatają te ostatnie nierównomiernie. W rezultacie otrzymuje się ogromnie różnorodny materiał pod względem strukturalnym, a więc i wytrzymałościowym. Przyczem im głębiej położona jest warstwa gleby, tem więcej jest ona ściśnięta. Wprawdzie taką ogólną strukturę gleby można poniekąd uważać

za zbliżoną do środowiska ornej warstwy w polu, lecz jak przekonano się doświadczalnie, jest ona na tyle niejednorodna, że nawet przy sześciokrotnych powtórzeniach doświadczeń trudno było uzyskać chociażby przybliżoną zgodność w otrzymanych wynikach. Poza tem w odniesieniu do praktycznych zagadnień odkształcenie tak silnie spulchnionej gleby nie przedstawia większego zainteresowania dla niniejszego zagadnienia, ponieważ koła ciągowki w rzeczywistych warunkach nie toczą się zazwyczaj po tak spulchnionym podłożu (pomijając nieco zbliżone warunki pracy przy motorowym ciągnięciu siewników). Natomiast często ciągowka porusza się w ten sposób, że jedna para kół lub taśma czołgowa pracuje po powierzchni pola, a druga para idzie dnem brzozy czyli, że ostrogi tego drugiego koła pracują w środowisku wilgotnym i mniej lub więcej zleżałym. Z wyżej wymienionych powodów przeprowadzano badania wyłącznie nad uwałowaniami wilgotnymi leśno-stepowymi glebami. Otrzymywana ostateczna struktura gleby okazywała się niekiedy bardziej jednorodną od struktury gleb przesianych, powietrznie suchych.

O ile przy wałowaniu powietrznie suchej gleby ugniecenie jej było stosunkowo nieznaczne, to we wilgotnych glebach znacznie silniej występowało ugniatające działanie wałka i to tem bardziej, im gleba była więcej wilgotna. Warstwowe wałowanie wilgotnych gleb stosowane w ten sam sposób co i przy piasku stwarzało niejednorodny materiał pod względem wytrzymałościowym i dlatego musiało zastosować dodatkowe czynności, omówione w rozdziale II.

Wilgotne uwałowane gleby leśno-stepowe stano-

wią materiał mniej lub więcej wykazujący właściwości plastyczne zależnie od składu mechanicznego i stopnia wilgotności⁹⁾.

Plastyczna właściwość materiału powoduje wpływ czasu działania danego stałego obciążenia na wielkość odkształceń. Wpływ ten jest tem większy, im bardziej wilgotna jest gleba. Dlatego też przy naszych badaniach musiano ograniczyć czas działania poszczególnych obciążeń na kole łańcuchowem do 5-ciu sekund.

Wyniki badań, przeprowadzonych przy użyciu ostrogi nr. 2 w glebie nawilgoconej do 35% pojemności, wykazały przede wszystkim wybitny wzrost oporów, spowodowany zwiększoną zwięzłością materiałów rys 66. Pierwszy okres odkształceń „o a₅” wykazuje mniej więcej równomierny i stopniowy wzrost oporów glebowych. W czasie tego okresu następuje szereg drobnych powierzchniowych ścięć gleby, które nie wywołują odchylenia krzywej wykresu, a równocześnie wzrastający nacisk ostrogi ugniata materiał. Dopiero mniej więcej od punktu „a₅” do „b₅” jest widoczne wyraźne odchylenie krzywej przebiegu, które wskazuje na pierwsze większe ścięcie i przesunięcie ściętej masy gleby wzdłuż powierzchni usuwiskowej. To przesunięcie, jak widać z wykresu, nie jest tak raptowne jak w piasku, lecz zachodzi pod wpływem dalszego wzrostu nacisku ostrogi. W następnym okresie deformacyjnym następuje dalsze zagęszczanie materiału (od b₅—c₅) poczem zachodzi drugie ścięcie (od c₅—d₅). (Dok. nast.).

⁹⁾ Antonowa: „K'izuczenju plasticnosti poczw”. Poczwo-wied. 1924, nr. 1—2.

Wiadomości z literatury technicznej.

Drogi.

— **Droga betonowa w 18 lat po jej ukończeniu.** W latach 1914—15 wykonano w ciągu drogi Nr. 10 w Stanie Ohio, odcinek 36 km długości z nawierzchnią betonową. Obecny stan tej jezdni dostarcza bezpośredniego dowodu, iż starannie wykonana droga betonowa jest w możności przejąć przez okres prawie 20-letni ciężki ruch bez żadnej szczególnej szkody dla siebie, przy zabezpieczeniu naturalnie normalnej konserwacji.

Początkowa szerokość jezdni 4·9 m została częściowo później powiększona do 7·2 m przy grubości na krawędzi 15 cm. Została ona wykonana swego czasu częściowo z tłuczenia wapiennego przy stosunku 1:1³/₄:4, częściowo zaś ze żwiru w stosunku 1:1¹/₂:3. Piasek i cement był użyty tensam w obu partjach.

Przy dokładnem badaniu w odniesieniu do rys okazał się ciekawy fakt, iż beton żwirowy dawał rys więcej, niżli tłuczniowy. Następnie stwierdzono, że w obu partjach 60% wszystkich tafli wykazywało 1 rysę poprzeczną, 22% tafli z betonu żwirowego 2 rysy poprzeczne. Ta sama ilość rys poprzecznych ukazywała się tylko w 5% tafli z betonu tłuczniowego. Około 50% całej nawierzchni jest zupełnie wolne od rys podłużnych. Nadto uzyskano nader wysokie daty wytrzymałościowe przy próbnem badaniu wydobytego z jezdni betonu. (*Eng. News Rec.* 28/9 1933).

— **Dotychczasowe Międzynarodowe Kongresy Drogowe.** Z okazji mającego się odbyć we wrześniu r. b. VII Międzynarodowego Kongresu Drogowego w Monachjum przypomnieć należy, iż I Kongres odbył się w r. 1908 w Paryżu, II w r. 1910 w Brukseli podczas ówczesnej wystawy światowej, III zaś w r. 1913 w Londynie. IV Kongres był projektowany w r. 1916 w Monachjum, z powodu jednak wojny światowej nie mógł się odbyć i zwołany został dopiero w r. 1923 do Sewilli. V Kongres odbył się w r. 1926 w Medjolanie, zaś ostatni VI w r. 1930 w Waszyngtonie. Tam też ustalono miejsce VII Kongresu w Monachjum, w którym nie mógł się odbyć IV Kongres.

Dodać należy, iż w IV i V Kongresie Niemcy udziału nie brali nie należąc w tym okresie do międzynarodowego Związku.

— **Wgłębne cementowanie dróg tłuczniowych.** O nawierzchni tłuczniowej związanej zaprawą cementową referowaliśmy już kilkakrotnie*). Obecnie przychodzi nam się zająć nowym typem tej jezdni, polegającym na wgłębne cementowaniu drogi tłuczniowej, zastosowaniem szeroko w Stanach Zjednoczonych Ameryki Płnc.

Przez wgłębne cementowanie rozumie się zabieg polegający na tem, iż na przewalowaną jezdnię tłuczniową nanosi się rzadką zaprawę cementową, która wsiąkając w wnętrze jezdni wypełnia istniejące jeszcze po przewalowaniu próżnie i spaja pojedyncze elementy kamienne.

Do wykonania zaprawy używa się czystego, twardego, naturalnego piasku przechodzącego co najmniej w 95% przez sito normalne Nr. 4 (4·76 m/m rozpiętość oczka tkanego), co najwyżej w 30% przez sito normalne Nr. 50 (0·29 m/m), oraz co najwyżej w 5% przez sito Nr. 100 (0·14 m/m). Domieszka ilu lub gliny nie może przekraczać przy tym piasku 6%.

Sposób wykonania polega na tem, iż po przewalowaniu jezdni należy w pierwszym rzędzie sprawdzić z pomocą prawidła, czy nie istnieją na powierzchni większe nierówności, które ewentualnie muszą być naprawione. Następnie przygotowuje się zaprawę w stosunku 1 worek cementu (42·5 kg) na 2 stopy kubiczne (0·057 m³) suchego i przekalibrowanego piasku. Dodatek wody należy ustalić w tej wielkości, by całość zaprawy była o zupełnie wolnej konsystencji zbliżonej do konsystencji śmietany. Normalnie wypada na 1 worek cementu (42·5 kg) 6·75 do 8·5 gal. wody (26·65—32·30 l). W wypadku wykonywania zaprawy w zakładach centralnych, co w Ameryce obecnie ma często miejsce, powinny być do transportu użyte takie urządzenia, które nie pozwalają na rozsegregowanie mieszaniny. Mieszanie zaprawy zależne od rodzaju i wielkości mieszarek, nie powinno trwać krócej, niżli 1 minuta.

*) *Czasopismo Techniczne* Nr. 23/1929, 7/1930, 13/1930.

Wykonaną zaprawę wylewa się na przygotowaną jezdnię i wciera miotłami, poczem natychmiast następuje przewalowanie wałem 5—7 t. Zwyczajnie wystarcza jednorazowe przetoczenie wału. Po przewalowaniu należy ponownie zbadać nawierzchnię odnośnie do jej równości pryzmą 16 stóp ($\approx 5\text{ m}$) długością, przy czem nierówności powyżej $\frac{1}{2}$ cala (1,3 cm) powinny być usunięte przez ścięcie lub naniesienie grysiku. W końcu nanosi się zaprawę po raz wtóry i przewaluje, uzyskując jednolitą powierzchnię jezdni, przy czem ostateczna grubość zaprawy cementowej na drodze powinna być o ile możności jak najmniejszą.

Po ukończeniu wałowania rozprowadza się pozostały nadmiar zaprawy po całej powierzchni z pomocą miotła oraz przeciera się jezdnię pasami lnianymi.

Dobre rezultaty uzyskuje się przez przykrycie gotowej nawierzchni wołokiem i utrzymanie jej przez 48 godzin w stanie wilgotnym. W pewnych wypadkach dopuszczony jest dodatek chlorku wapniowego w ilości 2 f. (0,907 kg) na jeden worek cementu celem przyspieszenia wiązania. Chlorek wapnia powinien być doprowadzony do mieszarki w stanie rozpuszczonym.

W okresie roboczym od 1 czerwca do 31 października może być w ten sposób wykonana jezdnia oddana do ruchu, przy sprzyjających warunkach atmosferycznych po upływie 5 dni.

Nawierzchnia ta powinna posiadać tak szwy poprzeczne jakoteż podłużne. Szew podłużny może być prasowany; również część szwów poprzecznych wykonywanych w odstępach po 15 m jest tego samego typu. Natomiast co siódmy szew tj. w odstępach po 105 m wykonuje się szew przestrzenny. (*Wasser- u. Wegebau-Zeitschrift* Nr. 21/33).

E. B.

Lotnictwo.

— 33 Zjazd Międzynarodowego Związku Lotniczego, zrzeszający aerokluby 34 państw, na obradach w Kairze zatwierdził terminy, organizowanych przez Polskę zawodów w r. 1934, a mianowicie: „Challenge“ od 28 sierpnia do 15 września i „Gordon-Benett“; 23 września.

Trasa lotu okrężnego „Challenge 1934“ będzie wiodła z Warszawy przez Królewiec, Berlin, Kolonję, Brukselę, Bordeaux, Pau, Madryt, Sewillę, Casablancę, Alger, Biskrę, Tunis, Palermo, Neapol, Rzym, Rimini, Wiedeń, Berno, Pragę, Katowice, Lwów, Wilno z powrotem do Warszawy. (*Kraj. Turyst. i Komunik.* 52/1933).

— Za wiele rekordów¹⁾. Dwie lotniczki amerykańskie T. Harzel i V. Gentry osiągnęły nowy rekord długości lotu kobiecego z końcem roku ubiegłego, przebywając w powietrzu w jednym ciągu przez 9 dni, 21 minut, 42 sekund. Lotniczki zaopatrywały się w paliwo w powietrzu z innego samolotu. Poprzedni taki rekord wynosił 8 dni, 4 godzin, 6 minut.

Hydroplan francuski „Krzyż południa“, który wyleciał z Francji celem pobicia rekordu długości lotu w linii prostej, przybył do portu St. Luis w Senegal, przebywając trasę 4.300 km w 23 godzinach, bijąc światowy rekord długości dla hydroplanów. Poprzedni rekord wynosił 3.173 km.

10.008 m wysokości w samolocie osiągnął Tuzio Nielot w porcie lotniczym Litterio pod Rzymem na samolocie Eta-Cna poniżej 450 kg wagi. Dotychczas prymat w tym kierunku dzierżył Niemiec Waldemar Voigt z wysokością 8.142 m.

Wedle urzędowego obliczenia przeleciały angielskie samoloty wojskowe w r. 1933 64 milionów km, zatem drogę 1.600 razy większą od obwodu ziemi. Jest to także rekordowy wyczyn.

Inż. A. W. Krüger.

¹⁾ Patrz *Czasopismo Techniczne* 1933, str. 213.

SPROSTOWANIE.

W zamknięciu rachunków za rok 1933, dołączonem do sprawozdania Polskiego Towarzystwa Politechnicznego, zamieszczonem w Nr. 5 *Czasopisma Technicznego* zaszła pomyłka na str. 82, a mianowicie po stronie wydatków wiersz 37 z góry powinien opiewać: „Dotacja na fundusz im. Romana Bar. Gostkowskiego . . . 1.050.— Zł.“, zamiast „Dotacja na rezerwę wątpliwych należności czynnych“, która pomieszczona jest w następnym wierszu przy kwocie 679-84 Zł.

Zebrania i odczyty w Towarzystwie.

Dnia 30. II. 1934 odbył się odczyt Prof. Dr. J. Łopuszańskiego p. t.: „Retrospektywny pogląd na rozwój dydaktyki w studiach politechnicznych“.

Dnia 1. III. 1934 odbył się odczyt Prof. Dr. O. Nadolskiego p. t.: „Poprawa jakości wody w Maliczko-wicach“ oraz Dr. W. Roniewicza p. t.: „Nowe metody analizy mechanicznej“.

Dnia 8. III. 1934 odbyła się wycieczka celem zwiedzenia robót w łożysku Pełtwi we Lwowie, poczem Dr. W. Roniewicz wygłosił odczyt p. t.: „Analiza mechaniczna gleby“.

Dnia 9. III. 1934 odbył się odczyt Prof. Inż. G. Mokrzyckiego p. t.: „Komunikacja lotnicza“.

Na wstępie omówił prelegent prawa lotu poziomego, z których wynika, że opory ruchu wynoszące dla kolei około $\frac{1}{250}$, dla samochodu około $\frac{1}{70}$, wynoszą dla samolotu dziś przeciętnie jeszcze $\frac{1}{10}$.

Od komunikacji wymagamy: 1. dużej prędkości, 2. bezpieczeństwa, 3. ekonomji (taniaści) w inwestycjach i eksploatacji.

Pod względem szybkości samolot jest bezkonkurencyjny, a stałe postępy ten atut lotnictwa nieustannie potęgują. Pod względem bezpieczeństwa komunikacja lotnicza aczkolwiek porównywalna z autobusową, jest jeszcze niewystarczająca i lotnictwo stale się wysila, aby to bezpieczeństwo zwiększyć, uważając je za jedno ze swych głównych zadań. Przełom w tej dziedzinie jest zdaniem prelegenta związany z jakimś rewolucyjnym przełomem w budowie silników lotniczych. Pod względem ekonomji w inwestycji komunikacja lotnicza z luksusowo urządzeniem przyziemiami bije kolej i inne środki komunikacyjne, zapewniając 100% elastyczności trasy, natomiast w eksploatacji jest znacznie droższa od innych środków komunikacyjnych. Tylko dalsze bardzo znaczne zwiększenie prędkości lotu (lotnictwo stratosferyczne) pozwoli tą nierówności ekonomiczną skompensować, bo np. lot Lwów-New York w sześciu godzinach jest wart ekonomicznie każdej ceny. Skolei prelegent posługując się licznymi przezroczkami omówił szereg samolotów dziś w lotnictwie konstruowanych, oraz stan dzisiejszej sieci lotniczej światowej i statystyki eksploatacyjne.

Na zakończenie rzucił prelegent obraz możliwości lotnictwa przyszłości (stratosferycznego), rozwijając ideę Crocco'a, który przewiduje i uzasadnia rachunkiem prędkości balistyczne (1000 m/sek. — 3600 km/godz.) i możliwość stosowania przy tych szybkościach napędu raketowego z zadowalającą, a nawet doskonałą sprawnością zespołu napędowego.

Dnia 14. III. 1934 odbył się odczyt Prof. Dr. R. Witkiewicza p. t.: „Ruch ciepła i zastosowania“.

Dnia 15. III. 1934 odbył się odczyt Dr. A. Pareńskiego p. t.: „Nowy wzór na średnią prędkość“.

Dnia 22. III. 1934 odbył się odczyt Inż. S. Kornickiego p. t.: „Lekkie budowle regulacyjne“ oraz Inż. L. Krasuckiego p. t.: „Kilka uwag praktycznych w sprawie potoków górskich“.

TABLICA XI.

Do art. Inż. Czesława Kanafojskiego: „Przyczynki do laboratoryjnych badań odkształceń

rodzajów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki”

