PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

Tom XLVI. *Warszawa, dnia 2 kwietnia 1908 r.* № 14.

PIŚMIENNICTWO TECHNICZNE POLSKIE.

(Ciąg dalszy do str. 149 w № 12 r. b.)

I. Architektura.

2. Początek XIX wieku do r. 1831.

Przed dalszemi pracami Aignera, które się pojawiały w ciągu pierwszych dziesiątków XIX wieku, zaznaczyć wypada ruch względnie dość ożywiony, w samym początku stulecia, w zakresie drobnych wydawnictw odnoszących się do budownictwa wiejskiego a także współczesne pisma w zakresie architektury innych autorów.

Praca budowniczego pruskiego nazwiskiem Gilly „O budowaniu pieców cegielnianych, w których cegła torfem wypala się i sposobach tymże wypalania" wyszła w 1804 r. w Lublinie (8⁰, str. 17, 2 tabl. rys.) w przekładzie Joachima Hempla, który za Stanisława Augusta był kapitanem gwardyi konnej a później budowniczym przy dworze księcia Augusta Czartoryskiego i zmarł w Puławach w r. 1803. Tenże Hempel był autorem wydanej bezimiennie w r. 1803 w Lublinie książeczki: „O sposobie budowania z ubitej ziemi, czyli stawiania ścian ziemnych długotrwałych i od ognia bezpiecznych, osobliwie dogodnych okolicom niedostatek drzewa cierpiącym" (8⁰, str. 21 z 1 tabl. rys.). Odnosiła się do tegoż przedmiotu książeczka wydana w 1800 r. w Połocku: „Szkoła budowli wiejskiej, czyli sposób jak stawić mocne i trwałe od wielu piętr domy z ubitej szczerej ziemi lub innych pospolitych i tannych materyałów wynaleziony od I. P. Franciszka Cointeraux, skrócony dokładnie i wiernie" (8⁰ str. 59, VIII tabl. rys.). Zawarte tam wiadomości wyjął nieznany tłumacz z dzieła budowniczego francuskiego Fr. Cointeraux, wydanego w Paryżu w r. 1790, na które powoływał się i Hempel w wymienionej powyżej broszurze.

W czasopiśmie technicznem: *Dziennik Ekonomiczny Zamojski*, wydawanem w latach 1803/4, jego główny współpracownik a następnie redaktor Wojciech Gutkowski, „inżynier sądowy, architektury i geometryi praktycznej nauczyciel", opracował bardzo starannie dział budownictwa wiejskiego, dosadnie charakteryzując we wstępie ówczesny smutny stan budynków w Polsce. Pisał o drzewie, jako materyale budowlanym, o podciągach albo „stragarzach", dał rysunki niezbyt udatne domów wiejskich a także „opisanie i wyobrażenie małych domów rolniczych angielskich". Mówiąc o budowie ścian, streszczał także przepisy Fr. Cointeraux. Wiadomości, dotyczące budownictwa wiejskiego podawane były również przez Feliksa Radwańskiego ojca w *Dzienniku Gospodarskim Krakowskim*, wydawanym w latach 1806/7.

Jeszcze w końcu XVIII stulecia utworzoną została katedra budownictwa na Uniwersytecie wileńskim [1]). Pierwszym jej profesorem był budowniczy ks. biskupa Massalskiego Wawrzyniec Gucewicz (ur. 1753, zm. 1798), który już poprzednio wykładał architekturę w Szkole inżynierów korpusu litewskiego w Wilnie. Z pism jego pozostał tylko rękopism „Traktat o rozmaitych piecach rzemieślniczych". Wykształcony w Paryżu i Rzymie, ceniony był Gucewicz jako dobry budowniczy, ukończył pałac w Werkach, przebudował katedrę wileńską za którą dostał medal od Stanisława Augusta, wreszcie rozpoczął przebudowę ratusza w Wilnie.

Po Gucewiczu objął katedrę Michał Szulc (ur. 1769, zm. 1812 r.). Została po nim „Mowa o architekturze, miana na publicznem posiedzeniu Uniwersytetu roku 1801", drukowana przy prospekcie nauk z r. 1802/3 (fol. str. 21). Uważa w niej „architekturę w jej początku, wzroście, upadku, nowem wskrzeszeniu i teraźniejszym jej stanie" i wylicza „przymioty, nauki i zdatności potrzebne ludziom poświęcającym się architekturze". Część historyczna, ułożona na podstawie źródeł współczesnych, straciła znaczenie wobec nowszych poszukiwań. Przy określaniu warunków jakim odpowiadać mają budowniczowie, Szulc pierwszy u nas występuje z propagandą skali muzycznej w architekturze, wspomina że „Briseux pierwszy wpadł na to, żeby proporcyę części porządków architektonicznych podciągnąć pod kalkuł matematyczny i wskazał drogę", a „Kraft w Petersburgu, z okazyi przystosowania matematyki do tonów muzycznych przez Eulera, napisał dyssertacyę, pokazując że proporcyę porządków architektonicznych można wyrachować matematycznie". I dalej mówi o powtarzanej w Witruwiuszu a nadużytej przez jego następców *harmonii*: „To ustawicznie powtórzone słowo, a zawsze z dodatkiem *pewna, jakaś*, sprzykrzyło się człowiekowi myśleć umiejącemu, który wedle przekonania mego był pierwszym w Polsce architektem, i przed którym rzadki cudzoziemiec mógłby sobie przywłaszczyć pierwszeństwo. Mówię o Wawrzyńcu Gucewiczu, pierwszym w tej akademii profesorze architektury cywilnej i militarnej. Natężył on przyrodzoną przenikliwość i dowcip głęboki, a nie wiedząc że tę harmoniczną proporcyę do architektury w dziełach swych Briseux i Kraft stosują (bo ode mnie pierwszego później się o tem dowiedział), wpadł na tę samą co oni drogę i daleko szczęśliwiej od nich. Bogdajby wdzięczność, którą czuję, dodała sił do ukończenia tego co on zaczął a coby uczyniło zaszczyt tej akademii, której tak wiele winienem". Szulc wykończył wewnątrz katedrę wileńską a i w innych pracach wykazał pewne zdolności [2]).

W Warszawie, jeszcze przed ostatnim rozbiorem, w około światłego wielbiciela sztuki, Stanisława Potockiego, gromadzili się artyści i budowniczowie. Potocki podniósł myśl opracowania wspólnemi siłami dzieła polskiego o architekturze. Do udziału w pracy zaproszony był wtedy ks. Sebastyan Sierakowski (ur. 1743, zm. 1824 r.), młodszy brat Wacława, wspomnianego autora kursu architektury z r. 1796/7. Był on nie tylko wykształconym miłośnikiem sztuki, ale i budowniczym; stawiał później swym kosztem i według własnego projektu kościół w Pleszowie pod Krakowem i inne projektował i wykonywał budowle [3]). Gdy po rozbiorze rozproszyło się grono zebrane przez Potockiego, Sierakowski, zamieszkały w Krakowie, poświęcił się pracy nad ułożeniem i wydaniem dzieła, stanowiącego do dziś najokazalsze nasze wydawnictwo architektoniczne. Jego „Architektura" [4]), w dwóch wielkich tomach in folio, tak zewnętrzną szatą, jak i układem, dorównywała zagranicznym wydawnictwom spółczesnym.

Autor czerpał z dobrych źródeł, liczne ustępy, tłumaczył z dzieła budowniczego neapolitańskiego Franciszka Milizia [5]), ze znajomością rzeczy i starannie dobierając słownictwo. W przedmowie wspomina dzieła: Solskiego, Wąsowskiego, Rogalińskiego i Świtkowskiego, a także wymie-

[1]) Józef Bieliński. Uniwersytet Wileński, t. III, str. 190.

[2]) Nie był wszakże szczęśliwym w wykonaniu, waliły mu się niektóre roboty, tak że w 1809 r. wzbroniono mu praktykę budowniczą. Gdy w r. 1812 dozwolono mu w Zakrecie pod Wilnem stawiać budowę drewnianą, dla wydania w niej balu na przyjęcie cesarza Aleksandra przeznaczoną, na samem ukończeniu i ta budowa runęła, a Szulc ze zmartwienia rzucił się do Wilii i utonął. (*Bieliński*).

[3]) W Bibliotece Jagiellońskiej № rękopisów 1065, Fol. kart 150, kosztorysy i inne projekty architektoniczne Sebastyana Sierakowskiego.

[4]) Architektura, obejmująca wszelki gatunek murowania i budowania. Tom I i II, przez X. Seb. Hra. Sierakowskiego, bywszego Kustosza Koronnego, Proboszcza Katedralnego Krakowskiego, Rektora Akademii Krakowskiej, Kawalera Ord. Ś. Stan. W Krakowie, w Drukarni Akademickiej. Roku 1812. Folio. Tom I, str. 18 i 388. Tom II, 115 kart sztychowanych.

[5]) Zaznaczył to Pancer w swym Kursie Budownictwa wykładanym w Szkole Aplikacyjnej (por. „Inżynier Polski Feliks Pancer". Warszawa 1900, str. 11) i Marconi w dziele „O porządkach architektonicznych", o którem niżej.

nia spółczesnych architektów polskich [1]). Część pierwszą poświęca piękności budowli i mówi o ozdobie, symetryi, eurytmii i przyzwoitości. Część druga traktuje o wygodzie a więc o położeniu i podziale budynków. W dodatku do tej części pomieszczone zostały trzy rozdziały o budowie mostów, których treść wchodzi w zakres działu inżynieryi. Część trzecia o trwałości obejmuje wiadomości o materyałach budowlanych, fundamentach i sposobach murowania. Składające tom drugi tablice sztychowane w liczbie 115, wykonane wykwintnie, stanowią wspaniałą ozdobę dzieła.

Ukazało się to dzieło w epoce nieprzychylnej pracom naukowym. Towarzystwo Przyjaciół Nauk otrzymało od autora egzemplarz wkrótce po wydaniu [2]), ale dopiero na posiedzeniu 2 maja 1815 r. ogłoszony został wybór Sierakowskiego na członka honorowego, dokonany po rozpatrzeniu dzieła [3]). Równocześnie pojawiły się recenzye. W *Dzienniku Wileńskim* pisał o „Architekturze" Jan Śniadecki, a w *Pamiętniku Warszawskim* Michał Kado. Śniadecki, nie specyalista, chwalił treść ogólnikowo a podnosił głównie przystępność wykładu i dobór słownictwa [4]). Dowcipnie wszakże zarzucił autorowi niepoprawność języka, mówiąc „że zagłębiony w nauce Witruwiusza, Palladiusza, Vignoli, Scamozzego, Peroneta i innych pierwszego rzędu w tej sztuce pisarzy, nie zawsze pamiętał o architekcie języka naszego Onufrym Kopczyńskim i przepisy gramatyczne w niektórych miejscach obraził". Kado, inżynier wojskowy, nie godząc się na przyjęty przez Sierakowskiego porządek wykładu (piękność—wygoda—trwałość) i zaznaczając niektóre braki w rozdziałach o wytrzymałości różnych części budowli, wyraził uznanie i wdzięczność dla autora i wydawcy wspaniałego dzieła [5]).

Zaznaczony w początku stulecia ruch w zakresie doskonalenia budowli wiejskich uwydatnił się też w Towarzystwie Przyjaciół Nauk. Z inicyatywy filantropa ks. Ksawerego Bohusza, rozpisało Towarzystwo konkurs na rozwiązanie zadania:

„*Naprzód* domy włościańskie w kraju Xięstwa Warszawskiego stawiane, z jakiego materyału i w jaki sposób byłyby najtrwalsze, najtańsze, najcieplejsze i od ognia przypadków najlepiej broniące?

Powtóre jakim sposobem najskuteczniej zaradzić wzwyż wymienionym niedogodnościom w użyciu materyału, który autor do swojej budowy obierze"?

Nagrodę stanowił medal wartości 50 czerw. zł. Odpowiedzi nadeszło dziewięć, z których jedna tylko uznaną została za zadawalniającą [6]). Streścił je ks. Bohusz w swej rozprawie „O budowie włościańskiej trwałej, ciepłej, taniej, od ognia bezpiecznej i do kraju naszego przystosowanej" [7]), dając pierwszeństwo, jako materyałowi, „cegle surowej kolczystej" (glina pomięszana z igłami drzewnemi). Materyał ten wypróbowany został w Wilanowie [8]) a projektodawcę Jana Krystyana Szulca, botanika i budowniczego, twórcę parku Łazienkowskiego w Warszawie, powołało Towarzystwo na swego członka i jego „Rozprawę o robieniu cegły" podało w IX t. *Roczników*.

Dawniej już wszedł do Towarzystwa Aigner, składając w rękopisie „Słownik Architektury" [9]). Na posiedzeniu 15 maja 1807 wymienia Albertrandy, między pracami oddanemi pod sąd Towarzystwa: „Piotra Aignera Historyą budowniczej sztuki" [10]). Natomiast w t. VII *Roczników* spotykamy „Rozprawę o świątyniach u starożytnych i o słowiańskich", czytaną na posiedzeniu publicznem 15 maja 1808 r. Treścią swą odnosi się ta praca do archeologii, niektórymi szczegółami zaledwie dotykając budownictwa. Architekturą zajął się Aigner w drugiej rozprawie: „O guście w ogólności a w szczególności w budownictwie", czytanej w r. 1812 a podanej w IX tomie *Roczników* [11]). Wyłożył w niej z prostotą zdrowe poglądy estetyczne, dał rzut oka na dzieje budownictwa w Europie a także i w Polsce. Zaznaczył w końcu odrodzenie dobrego gustu i zbliżenie się do „pięknej prostoty" w budowlach wzniesionych za Stanisława Augusta, wymieniając między niemi „czoło kościoła katedralnego w Wilnie" (dzieło Gucewicza).

Ostatnia drukowana praca Aignera ukazała się dopiero w r. 1825. Jako budowniczy jeneralny rządowy miał on zwierzchni nadzór nad budową kościołów w kraju. Postanowił więc „zebrać w osobnem dziele o budownictwie wzory już utworzone, stosowne do naszego kraju i projekta na kościoły w różnych kształtach i ozdobach, zacząwszy od prostych i idąc stopniami aż do okazałych świątyń". Zamierzał „dla łatwiejszego wydania podzielić tę pracę na dwie części i podaniem najprzód wzorów kościołów parafialnych uczynić usługę publiczności". Zamiar ten doprowadził do skutku, wydając z polecenia Namiestnika ks. Zajączka dzieło p. t. „Budowy kościołów część pierwsza, zamykająca cztery projekta kościołów parafialnych różnej wielkości w dziewięciu tablicach" [12]). Praca ta, nader starannie wydana, zawiera projekty dość monotonne kościołów, prostokątnych w planie, bez wież, z portykami doryckimi [13]). Rysunki opracowane są sumiennie a tekst zawiera zestawienie nazw polskich różnych części budowli z nazwami włoskiemi lub francuskiemi [14]). Aigner przemieszkiwał później w Krakowie i Rzymie a zmarł we Florencyi w r. 1841.

(C. d. n.) *Feliks Kucharzewski.*

[1]) „Znajomi są w tym wieku: architekt i malarz zarazem Smuglewicz, Zawadzki, Kubicki, Heigner, Lessel, Szpilewski, Vogel, Kansetzer, Gajewicz w Wilnie, których w pierwszym rzędzie architektów liczyć sprawiedliwie można. Szczególniej wspomnieć mi należy imć p. Radwańskiego, obywatela osiadłego województwa krakówskiego i profesora wysłużonego, który prócz architektury, mechanikę i hydraulikę posiadając, tychże był w Akademii krakowskiej profesorem, światłu tego uczonego męża, pomocy z jego biblioteki, winien jestem wiele i wdzięczność mu oświadczam". Z wymienionych (niektórych mylnie) wspominaliśmy już: Zawadzkiego, Aignera (Heigner), Radwańskiego ojca i Gucewicza (Gajewicz). O Szpilowskim (Szpilewski) będzie mowa niżej. Smuglewicz i Vogel byli więcej rysownikami. Kubicki Jakób (ur. 1758, zm. 1833 r.) uczeń Merliniego, budował pałac Belwederski, był budowniczym Towarzystwa P. N. Lessel Fryderyk był do r 1822 budowniczym m. Warszawy. Kamseltzer (Kansetzer) Jan, rodem z Drezna (ur. 1750, zm. 1795 r.), budowniczy nadworny Stanisława Augusta, kończył budowę pałacu Łazienkowskiego razem z Merlinim.

[2]) Zagajenie posiedz. 7 stycz. 1813 r. (Roczniki T. P. N. t. X, str. 10).

[3]) Roczniki T. P. N., t. X, str. 447.

[4]) „Autor założył sobie dzieło swoje zrobić dla wszystkich zrozumiałem, obeznać publiczność krajową, artystów i rzemieślników z praktycznemi wiadomościami sztuki, ostrzedz o popełnionych w niej błędach i wadach; tego zamiaru zdaje nam się dopełnił z pożytkiem dla powszechności, a dla siebie z zaletą i chwałą. Winniśmy autorowi w tem dziele wiele wyrazów budownictwa prawdziwie polskich, które on wydobył od mularzy, cieśli, stolarzy, strycharzy i innych rzemieślników, i ten jest jeden z własnych i skutecznych sposobów zbogacenia języka" (*Dziennik Wileński* 1815 r., t. I, str. 196).

[5]) „Autor wszedłszy prawie pierwszy w zawód pisania o nauce architektury w języku polskim, ile sobie zamierzył dać dokładną znajomość prawideł tej nauki, przedsięwzięcie to chwalebnie uskutecznił. Prócz tego w ciągu dzieła, umieścił potrzebną dla ciekawych czytelników parallelę gustu budownictwa różnych nieeuropejskich narodów, tak w dawnych jako i w późniejszych wiekach. Uczeni i artyści winni mu będą wdzięczność, iż się nie uwiódł chęcią tworzenia nowych technicznych wyrazów i że zostawił je takiemi jak są w używaniu; czując dobrze iż przez to zamiast objaśnienia owszem zaciemniłby naukę, która dopóki u nas nie dojdzie swojego wzrostu, dosyć ma czasu dla przyswojenia sobie później trafnie podług własności znaczenia dobranych wyrazów technicznych. Dzieło więc to ze wszech miar jest pożytecznem i godne być ozdobą każdej publicznej i prywatnej biblioteki, gdy zaś do utworzenia się swojego, prócz wielkiej usilności pracy, potrzebowało znacznego nakładu na druk i kosztowne ryciny, każdy inny mniej sposobności mający, nie odważyłby się na podobny zamiar... Za takowy dar z nauki i gorliwości, rzetelna spółziomków wdzięczność, zostawi w ich sercu dla szanownego autora chlubną i wiekopomną pamiątkę" (*Pamiętnik Warszawski* 1815 r., t. III, str. 534—536).

[6]) Zagajenie posiedzenia 16 lipca 1810 r. (R. T. P. N. t. IX, str. 39).

[7]) Warszawa 1811 r. Małe folio, str. 65. Toż samo w R. T. P. N. t. IX.

[8]) Zdanie sprawy przez Michała Xawiera Bohusza, prałata, o próbie uczynionej w Wilanowie co do nowego sposobu budowania, na posiedzeniu 30 kwietnia 1811 r. (Roczniki T. P. N., t. IX, str. 238).

[9]) Al. Kraushar. Tow. Przyj. Nauk. Księga II, t. I, str. 41.

[10]) l. c., str. 54

[11]) Na wstępie podano przypisek: „Jest to wyjątek z dzieła, które tenże autor wydać zamyśla, o Architekturze u starożytnych, z przyłączonym do tego słownikiem". Przypisek ten objaśnia powyższe wzmianki o pracach Aignera nie ogłoszonych drukiem.

[12]) Warszawa, druk Węckiego, 1825 r. Wielkie folio, textu z tytułem k. 9, tablic 9 litografowanych przez Śmiecińskiego.

[13]) Aigner mówi w przedmowie: „W tych (wzorach kościołów), przy zachowaniu ścisłem prawideł Architektury umyśliłem trzymać się, dla oszczędności, jaknajwiększej ile być może prostoty, przydając tylko skromne ozdoby, łatwiejsze do wykonania, ile są konieczne do okazałości przyzwoitej i należnej świątyniom Pańskim.

[14]) Dalsze słowa Aignera: „Chcąc oraz aby terminologia dziwaczna i popsuta w ustach naszych mularzy, z obcych języków brana, zamieniła się na prawdziwie ojczystą, użyłem wyrazów polskich technicznych obok włoskich lub francuskich. Terminologia ta, wyjęta z obszernego słownika, umieścić się mającego przy dziele o architekturze u starożytnych, już jest przez Towarzystwo Król. Warsz Przyj. Nauk. rozważona i przyjęta".

Z powodu art. inż. A. Słuckiego:

„Sprawność ekonomiczna maszyny parowej“.[1]

I.

Niniejsze uwagi do artykułu inż. Słuckiego tyczą się czysto teoretycznej strony tej pracy, tak, iż podstawy i założenia czynione przez autora pozostają na jego odpowiedzialności, a intuicya, jaka się przejawia w tej pracy, pozostaje zasługą jej autora.

Autor powyższej pracy najpierw stawia zadanie znalezienia max p_i przy warunku, że ε (patrz równania 5 i 6, *P. T.* Nr. 4) oraz p i p' i m są dane i stałe, zaś p_e i p_k są zmienne, wyraz przytem dla ε jest funkcyą zmiennych p_e i p_k. Podług ogólnych zasad wynajdywania maximum, piszę za autorem: $p_i + \lambda . \varepsilon =$ maximum i następnie:

$$\frac{\partial p_i}{\partial p_e} + \lambda \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} = 0$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial p_k} + \lambda \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} = 0,$$

skąd wyznacznik:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial p_i}{\partial p_e} & \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} \\ \frac{\partial p_i}{\partial p_k} & \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} \end{vmatrix} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1).$$

Po wykonaniu działań wskazanych przez ten wyznacznik, otrzymamy t. zw. równanie Weiss'a w postaci:

$$\frac{p}{p_e} = \frac{p_k}{p'} \quad \text{lub:} \quad \frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'}.$$

Lecz zadanie na tem się jeszcze nie kończy, w dalszym ciągu rozwiązania rugujemy z tego ostatniego równania np. p_e; t. j.

$$p_e = \frac{pp'}{p_k},$$

podstawiamy w ε (*P. T.*, str. 43 rów. 5) i otrzymamy:

$$\varepsilon = (1 + m) \frac{p'}{p_k} - m \frac{p_k}{p},$$

skąd możemy oznaczyć p_k przez ε; a po otrzymaniu w ten sposób wartości dla p_k, możemy oznaczyć również p_e. Teraz mamy zadanie w zupełności rozwiązane, gdyż p_e i p_k wyrazimy przez m, p, p' i ε, i obliczymy p_i, które będzie maximum.

Wartości więc dla p_e i p_k są już „w postaci określonej“ i w danem zadaniu nie mamy już nic do „określenia“; gdy tymczasem z wyrażenia autora „należałoby mieć jeszcze jedno równanie, aby z obu równań otrzymać sprężenie i rozprężenie w postaci określonej“ możnaby sądzić, że go nie zaspakaja powyższe rozwiązanie i że pozostaje jeszcze coś do obliczenia,— do dopełnienia.

Następnem zadaniem jakie postawił autor jest wynalezienie „jakie rozprężanie da nam najmniejsze zużycie pary[2]) przy *pewnem* końcowem ciśnieniu sprężania p_k?“

W danem więc zadaniu poszukuje autor $M = \left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) =$ = minimum przy zmiennej p_e; a więc winno być:

$$\frac{\partial M}{\partial p_e} = \frac{p_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} - \varepsilon \frac{\partial p_i}{\partial p_e}}{p_i^2} = 0$$

skąd

$$p_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} - \varepsilon \frac{\partial p_i}{\partial p_e} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2);$$

z tego ostatniego równania, po wypełnieniu działań możemy oznaczyć p_e, dla którego $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) =$ minimum. Rozszerzmy jednakże to zadanie, uczyniwszy oprócz p_e jeszcze p_k zmienną, a wtedy również będzie:

$$\frac{\partial M}{\partial p_k} = \frac{p_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} - \varepsilon \frac{\partial p_i}{\partial p_k}}{p_i^2} = 0$$

lub

$$p_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} - \varepsilon \frac{\partial p_i}{\partial p_k} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3).$$

Wyrugujmy z tego ostatniego równania oraz z (2) p_i i ε, to otrzymamy wyznaczniki:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} & \frac{\partial p_i}{\partial p_e} \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} & \frac{\partial p_i}{\partial p_k} \end{vmatrix} = 0 \quad \text{lub} \quad \begin{vmatrix} \frac{\partial p_i}{\partial p_e} & \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_e} \\ \frac{\partial p_i}{\partial p_k} & \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_k} \end{vmatrix} = 0 \quad . \; . \; (4);$$

zauważmy, iż drugi z tych wyznaczników jest tożsamym z wyznacznikiem (1), a ponieważ ten ostatni wyznacznik po wykonaniu działań przedstawia równanie Weiss'a, więc i w tem ostatniem zadaniu winien być zachowany ten warunek, lecz warunek ten utrzymuje w danem zadaniu pewną szczególną wartość! Ażeby tę wartość wyznaczyć, wyrugujmy z równania Weiss'a np. $p_e = \frac{pp'}{p_k}$ i podstawmy w nasze równanie (2) lub (3), lub też w równanie (8) inż. Słuckiego (które jest identycznem z mojem (2), a otrzymamy z tego ostatniego:

$$(1 + m) \left(\frac{pp'}{p_k} - p'\right) - m (p - p_k) = 0,$$

po przemnożeniu przez p_k:

$$(1 + m) . p' (p - p_k) - m (p - p_k) = 0,$$

skąd $p = p_k$, inaczej: $\frac{p}{p_k} = 1$;

co po podstawieniu w stosunek Weiss'a daje:

$$\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'} = 1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5).$$

Przy tym warunku jest to obieg, który nazwał autor Zeuner'oskim; ten obieg więc jest idealnie najekonomiczniejszym, przy założeniu, że p, p' oraz m są wielkości dane, zaś p_e i p_k są zmienne.

Gdy więc stosunek Weiss'a w jakimbądź rachunku będzie zachowany, to jednakże, tylko taki obieg będzie ekonomiczny, w którym ten stosunek:

$$\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'} = 1.$$

Każde odstępstwo od tego stosunku pociąga zbyteczne zużycie pary i oddala nas od idealnego minimum wyrazu $\left(\frac{\varepsilon}{p}\right)$. Z tej więc też przyczyny, przytoczony przez autora w przypadku III-im obieg jest mniej ekonomiczny niż przy wskazanym tutaj stosunku.

Zestawmy obecnie wzory dla ε, p_i i $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$, gdy $\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'} = 1$, czyli, gdy: $p_k = p$; $p_e = p'$; dla odróżnienia tych wzorów od ogólnych przypisuję, w danym razie do ε, p_i i $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ znaczki m, a więc otrzymamy:

$$\varepsilon_m = (1 + m) \frac{p'}{p} - m = \frac{1}{p} [(1 + m) p' - mp] \quad . \; . \; (6)$$

$$p_{im} = [(1 + m) p' - mp] \ln \frac{p}{p'} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_m = \frac{1}{p \ln \frac{p}{p'}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (8),$$

Rozpatrując powyższe zadanie z teoretycznego punktu widzenia, wartości dla: m, p i p' są dowolne i niezależne od siebie, i dla wszystkich tych wartości zużytkowanie pary na jednostkę pracy wyrazi się przez wzór (8).

Powinniśmy obecnie zbadać wzory (6) i (7), dla jakich wartości m, p i p', otrzymamy obiegi nieodpowiednie do naszych celów, pomimo, iż będą one ekonomiczne. Czyniąc np. w powyższych wzorach m zmienną wartością, możemy wiel-

[1]) Por. *Przegl. Techn.* № 4 r. b.

[2]) Dla ścisłości sformułowania tego zadania należałoby w tem miejscu dodać: „na jednostkę pracy“.

kości m nadać taką wartość, ażeby $\varepsilon = 0$; t. j. z równ. (6) piszemy:

$$(1 + m)\, p' - m p = 0$$

skąd

$$m = \frac{p}{p - p'} \quad \ldots\ldots \quad (9);$$

Np. gdy $p = 14$; oraz $p' = 0{,}25$; otrzymamy z wzoru (9): $m = 0{,}018$, przy tych więc założeniach obieg taki będzie pracował bez pary; lecz łatwo zauważymy z wzoru (7), iż w danym wypadku i $p_{im} = 0$; obieg więc taki nie ma praktycznego zastosowania, i maszyna parowa zbudowana na zasadzie tego obiegu $\left(\text{że: } m = \frac{p'}{p - p'}\right)$ pracowałaby tylko na siebie, t. j. praca rozprężania poszłaby na sprężanie, i w rezultacie nieotrzymalibyśmy z takiego silnika żadnej korzyści, chociaż obieg ten odpowiadałby warunkowi 8-mu. Powyższe więc rozważania nasuwają nowy warunek, który zachować należy przy wyborze wartości dla m, p i p', należy bowiem ażeby $p_{im} = \max$ przy zmiennych: m, p, p', — t. j. ażeby obieg oprócz swej ekonomiczności na jednostkę pracy, dawał jeszcze możliwie najwięcej pracy podczas jednego obiegu. Weźmy więc teraz pod uwagę równanie (7) i przekształćmy je w następujący sposób:

$$p_{im} = [p' - m\,(p - p')] \ln \frac{p}{p'} \quad \ldots\ldots \quad (10).$$

Wyczytamy z tego ostatniego równania, że wartość dla p_{im} powiększa się, gdy m się zmniejsza; gdy wreszcie, zmniejszając m, uczynimy $m = 0$, wyraz na p_{im} przybierze postać.

$$(p_{im})_{m=0} = p' \ln \frac{p}{p'} \quad \ldots\ldots \quad (11).$$

W dalszym ciągu naszych rozważań przyjmijmy w tym ostatnim wzorze p jako zmienną, zauważymy wtedy z równania (11), że p_{im} powiększa się, gdy p będzie się powiększało, przy wyborze więc wartości dla p należy starać się wybrać tę wielkość jaknajwiększą.

Warunek ten ostatni jest zgodny z warunkiem, jaki wymaga równanie (8), w którem z powiększaniem p stosunek $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_m$ znakomicie się zmniejsza, czyli robiąc p możliwie większem, otrzymujemy dwie dogodności, najpierw wzrasta sprawność obiegu (równ. 8), następnie otrzymujemy większą ilość przy pełnym obiegu tłoka.

Inaczej warunki ułożą się, gdy w powyższych równaniach uczynimy p' zmienną. Skoro uczynimy p' zmienną wielkością, to równ. (8) nakaże wybierać p' jaknajmniejsze, gdyż ze zmniejszeniem p' zmniejsza się również wyraz $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_m$, lecz z drugiej strony, zmniejszając p', zmniejszamy wartość dla p_{im} podług równania (11), przez co otrzymujemy obieg, który, chociaż będzie ekonomiczny (gdyż równ. (8) będzie zadośćuczynione), lecz da on nam małe wielkości pracy z jednego obiegu tłoka silnika, co może nieraz być niepraktycznem, a nawet niemożliwem do wykonania.

Dla dalszych rozpatrywań znajdźmy max p_{im} gdy p' jest zmienną, w tym celu równanie (11) różniczkuję podług p' i pochodną przyrównywam do zera, t. j.:

$$\frac{\partial p_{im}}{\partial p} = \ln \frac{p}{p'} - p' \frac{p'}{p} \cdot \frac{p}{p'^2} = 0,$$

inaczej: $\ln \frac{p}{p'} = 1$; skąd $\frac{p}{p'} = e$

lub

$$p' = \frac{p}{e} = 0{,}368\, p \quad \ldots\ldots \quad (12).$$

gdzie:

$$0{,}368 = \frac{1}{l} = \frac{1}{2{,}718}.$$

Gdy więc równanie (8) t. j. warunki ekonomiczności obiegu nakazują nam wartość dla p' zbliżać do 0, równanie (11) lub (12) pokazuje nam ażeby $p' = 0{,}368\, p$, t. j. ażeby znacznie odsunęło się od zera.

Dochodzimy w ten sposób do pewnej sprzeczności w wyborze wartości dla p'.

Zadaniem tu jest konstruktora zbliżyć do jednej lub drugiej granicy, stosownie do ogólnych warunków samego zadania.

Streszczając powyższe wywody powiemy: Dążąc do najekonomiczniejszego i zarazem praktycznego obiegu powinniśmy: 1) szkodliwą przestrzeń robić jak najmniejszą, t. j. dążyć do limes $(m) = 0$; 2) prężność pary dopływowej powinna być możliwie większa, t. j. limes $(p) = \infty$; 3) przy wyborze wartości dla p' powinniśmy mieć na uwadze następujące względy: obniżając prężność wypływową p', zyskujemy na ekonomicznej wydajności obiegu (por. równ. (8), lecz otrzymujemy małe (p_{im}), co wyraża równ. (11), przy podwyższeniu zaś wartości p', ekonomiczność obiegu pogarsza się, lecz otrzymujemy większe wartości dla p_{im}. Największą wartość dla p_{im} przy zmiennej p' otrzymamy gdy: $p' = \frac{p}{e}$. Zatem z równ. (11) największe

$$(p_{im})_{m=0} = p' \ln e = p' \quad \ldots\ldots \quad (13),$$

a przy tych wartościach dla p' $\left(\text{t. j. } p' = \frac{p}{e}\right)$ otrzymujemy:

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_m = \frac{1}{p \ln e} = \frac{1}{p} \quad \ldots\ldots \quad (14).$$

Z równania (13) widzimy o ile niepraktycznie jest brać małą wartość dla p'; otrzymujemy bowiem wtedy małe dawki pracy, co zmusza konstruktora do nadmiernego powiększenia ilości obrotów tłoka.

Zdaje się, iż zaradzają tym sprzecznościom, jakie występują w wyborze wartości dla p', silniki o wielokrotnem rozprężaniu, gdyż wtedy wartość dla p' może być dosyć znaczną dla każdego cylindra, oraz końcowe p' może przybrać bardzo małą wartość.

Wnioski powyższe, oparte na rozważaniach teoretycznych, powinny znaleść swój wyraz w praktycznem zastosowaniu, gdyby powyżej wyprowadzone idealne rezultaty można było osiągnąć przy budowie silnika, lecz tak nie jest, zmuszeni jesteśmy bowiem uczynić $p_e > p'$, $m > 0$, oraz, mając na względzie praktyczne niedogodności, robimy zwykle: $p_k < p$.

Wobec takich odstępstw od teoretycznych, wymagań, nasuwa się pytanie, czy np. stosunek WEISS'A winien być zachowany, gdy np. zamiast teoretycznego $p_e = p'$ weźmiemy $p_e > p'$, oraz, stosując w tym razie równanie $\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'}$, czy winniśmy jednocześnie obrać dla wielkości p_k:

$$p_k = p \cdot \frac{p'}{p_e}, \quad \text{t. j.} \quad p_k < p;$$

czy też, obrawszy $p_e > p'$ i nie mając szczególnych powodów praktycznych do czynienia $p_k < p$, pozostawić należy ten stosunek podyktowany przez teoryę, t. j. $p_k = p$?

Rozważania poprzednie nakazują nam obrać $p_e = p'$, oraz $p_k = p$, ażeby $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) = \text{minimum}$, czyniąc zaś $p_e > p'$ robimy pewien błąd kosztem oszczędności zużycia pary na jednostkę pracy; gdybyśmy zaś jeszcze obrali $p_k < p$, jak to dyktuje równanie WEISS'A, popełnilibyśmy przez to jeszcze jeden błąd, wskutek czego odsunęlibyśmy się jeszcze więcej od najekonomiczniejszego obiegu.

Trzymanie się więc w danym razie stosunku $\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'}$ wpływa niekorzystnie na ekonomiczną stronę obiegu.

Ten ostatni wniosek jest bez zaprzeczenia ścisłym, a przytem dla naszej pracy o tyle ważnym, iż inż. SŁUCKI w swoich wywodach stawia równania WEISS'A za konieczne, uspakajając się w ten sposób, iż operuje jakimiś korzystnymi obiegami, gdy tymczasem zachowanie stosunku danego oddala nas od idealnie korzystnego obiegu.

Równanie WEISS'A: $\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'}$ daje obiegi nieekonomiczne, nieekonomiczne w tem znaczeniu, iż czyniąc w jakimś obiegu: $p_k = p$, lub: $p_e = p'$, lub też zachowując obydwa te równania, otrzymamy zawsze obieg ekonomiczniejszy, gdyż ten ostatni obieg będzie więcej zbliżony, lub tożsamy z obiegiem ZEUNER'A, który jest przy powyższych założeniach najkorzystniejszy.

Takie wnioski dyktuje nam teorya wyprowadzona na podstawie powyższych założeń.

Ponieważ różne praktyczne względy nie pozwalają nam budować silników ściśle podług przebiegu ZEUNER'A i musimy odbiegać od tych teoretycznych wielkości, robiąc cały obieg mniej ekonomicznym.

Rachunek więc w tym ostatnim razie staje się niemetodycznym i zaczynamy postępować „poomacku“.

Przyjmując np. $p_e > p'$ nie wiemy w jakich granicach robimy krzywdę sprawności obiegu, zdawać się w tym razie może, iż czyniąc np. jednocześnie $p_k < p$, krzywdę tę choć w części naprawiamy (co w rzeczywistości tak nie jest, jakiem to wyżej wyłożył). Nie znając dobrze wpływów, jakie wywierają takie odstępstwa, obawiamy się zbyt daleko odsunąć od teoretycznych granic, co często połączone jest z niedogodnościami konstrukcyjnemi; lub też z drugiej strony niepotrzebnie się nieraz odsuwamy od tych granic, sądząc, że to nie będzie miało wielkiego wpływu na sprawność obiegu. Ażeby więc i w tych rozważaniach wejść znowuż na drogę metodyczną, należy zastosować inną drogę matematyczną niż tę, którąśmy stosowali przy wyszukiwaniu największości lub najmniejszości. Należy w danym razie zastosować rachunek różnic skończonych.

W tym celu więc uważajmy np.:

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) = f(p_e, p_k); \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (15)$$

jako funkcyę z dwóch zmiennych; m, p i p' — przyjmiemy jako dane; nadajmy następnie wartościom p_e i p_k pewne przyrostki h_e i h_k, otrzymamy wtedy dla $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ inną wartość, dla której wyraz zaopatrzę w znaczek hk, a więc:

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{hk} = f[(p_e + h_e) \cdot (p_k + h_k)] \quad . \ . \ (16).$$

Następnie funkcyę ostatnią rozwijam w szereg Taylor'a, a więc:

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{hk} = f(p_e, p_k) + \frac{\partial f}{\partial p_e} \cdot h_e + \frac{\partial f}{\partial p_k} h_k + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial p_e^2} \cdot h_e^2 +$$
$$+ \frac{1}{2!} \cdot 2 \frac{\partial^2 f}{\partial p_e \, \partial p_k} \cdot h_e \cdot h_k + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial p_k^2} \cdot h_k^2 + \text{i t. d.} \ . \quad (17).$$

Załóżmy następnie, że: $p_e = p'$; $p_k = p$, to otrzymamy:

$$f(p_e, p_k) = \left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{\min} = \frac{1}{p \ln \frac{p}{p'}};$$

oraz:

$$\frac{\partial f}{\partial p_e} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial p_k} = 0,$$

w danym więc razie $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{hk}$ oznacza ilość pary na jednostkę pracy, gdy obieg nie będzie idealnie ekonomicznym. Z powyższego więc otrzymamy:

$$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{hk} = \left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{\min} + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial p_e^2} \cdot h_e^2 + \frac{1}{2!} \cdot 2 \frac{\partial^2 f}{\partial p_e \cdot \partial p_k} \cdot h_k h_e \cdot h_k +$$
$$+ \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial p_k^2} \cdot h_k + \text{i t. d.} \ . \ . \ . \ . \quad (18).$$

Pochodne $f(p_e, p_k)$ według p_e i p_k będą funkcyami p i p', gdyż według założenia, po zróżniczkowaniu należy podstawić: $p_e = p'$; $p_k = p$, a ponieważ m, p i p' według założenia są dane, otrzymamy współczynniki przy h_e i h_k jako wartości cyfrowe, które bezpośrednio wskażą nam wpływ przyrostków h_e i h_k (które są odstępstwem od idealnego przebiegu) na sprawność tego obiegu.

Naszkicowany tutaj rachunek doprowadzony tylko do drugiej pochodnej, daje wzory następujące:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial p_e^2} = \frac{(1+m)}{\ln^2 \frac{p}{p'} \cdot [(1+m)p' - mp] \cdot pp'} \quad . \ . \ (19)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial p_e \cdot \partial p_k} = 0 \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (20),$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial p_k^2} = \frac{m}{\ln^2 \frac{p}{p'} \cdot [(1+m)p' - mp] p^2} \quad . \ . \ . \quad (21).$$

Z porównania np. wzorów (19) i (21) łatwo zauważymy, że wzór $\frac{d^2 f}{d\, p_k^2}$ da wartości wiele razy mniejsze od wartości przedstawionych przez wzór (19), z tego możemy wnioskować, iż odstępstwo h_k od $p_k = p$ wywiera bardzo mały wpływ na zmianę sprawności obiegu.

Biorąc np. stosunek tych wyrazów, otrzymamy:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial p_k^2} : \frac{\partial^2 f}{\partial p_e^2} = \frac{m}{(1+m)} \cdot \frac{p'}{p}.$$

Zakładając następnie: $m = 0{,}05$; $p' = 0{,}25$; $p = 14$ stosunek tych współczynników przedstawi się w cyfrze $= \frac{0{,}05}{1{,}05} \cdot \frac{0{,}25}{14} = 0{,}00085$, t. j. w danym przypadku zmiana wartości dla p_k prawie nie odgrywa roli na sprawność obiegu, w stosunku do zmiany, jaką spowodować może odstępstwo h_e od $p_e = p'$.

Te i temu podobne badania czynione *na tej drodze*, dadzą nam metodyczne odpowiedzi na pytania, jakie się nasuwają przy projektowaniu silników parowych; zapomocą tego rachunku wiedzieć będziemy w danym razie jakie odstępstwa będziemy mogli bezkarnie uskuteczniać i jakich przyjdzie unikać.

W wyżej wymienionej pracy inż. Słucki szuka najmniejszości wyrazu $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ przy jednej zmiennej p_e i otrzymuje równanie, które oznaczył № 8-ym. Następnie autor dochodzi do wniosku, że nie mogąc wykonać obiegu matematycznie doskonałego, uważa, iż wyraz 8-y, który dla matematycznego minimum $= 0$, dla praktycznego obiegu będzie posiadał pewną wartość $= A$ i tę wartość przyjmuje $= m(p + p_k - p')$, jakoby z tego powodu, iż wyraz ten w mniemaniu autora jest niezmiennym dla wszystkich silników.

Otóż postępowanie takie jest teoretycznie niczem nieuzasadnione!

Dlaczego nie mam obrać sobie $A = mp$, lub $= mp_k$, lub $= p'$ i t. d., te wszystkie wielkości są również według autora stałe dla wszystkich silników?

A zresztą stałość tych czy też innych wyrazów nie daje nam żadnej miary o blizkości minimum, a więc i o doskonałości obiegu i przeciwnie, gdybym był skorym w swych wnioskach, to prędzejbym przypuścił, iż czyniąc $A = m(p + p_k - p')$, oddalamy się znacznie od właściwego minimum, gdyż w blizkości matematycznego minimum wartość A musi być niewiele różną od zera, gdy tymczasem wyraz: $m(p + p_k - p')$, ma dość znaczną wartość cyfrową. Lecz to nie jest drogą matematycznego wnioskowania, należy to uskutecznić metodycznie.

Następnie niczem autor nie uzasadnia stosowania wzoru Weiss'a, który jest właściwym tylko w zadaniu przy szukaniu max. p_i gdy ε jest dane; gdy zaś szukamy min. $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ wyraz ten jest niczem nieuzasadniony i oddala nas od tej najmniejszości, jakem to wyżej wykazał.

Równania więc (13) i (15) postawione przez autora, nie są wywołane *żadną teoretyczną koniecznością* i nie objaśniają one nas o jakiejbądź teoretycznej doskonałości przedstawionych przez te równania obiegów.

Jeżeli jako teoretyczną doskonałość obiegu będziemy uważali minimum $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$, to znajdziemy łatwo doskonalsze obiegi, od obiegów zestawionych przez autora w tabl. II-ej, nastąpi to gdy np. zmiennej p_e nadamy wartości nie według równań proponowanych przez autora, lecz wartości więcej zbliżone do p',—zmiennej zaś p_k bliższe do p, obiegi te ostatnie będą stanowczo ekonomiczniejsze od pierwszych.

Np. według tablicy II-ej dla: $p = 5$; $m = 0{,}06$; $p' = 0{,}25$; $p_e = 0{,}802$; $p_k = 1{,}46$; $p_i = 1{,}76$; na zasadzie tych danych otrzymamy: $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) = \frac{0{,}76 : 5}{1 : 76} = 0{,}0863$; gdy tymczasem nie stosując się do prawa Weiss'a i do równań przedstawionych przez autora i czyniąc wbrew tym równaniom np.: $p_e = 0{,}4$, przy poprzednich pozostałych wartościach, otrzymamy:

$$\varepsilon = 1{,}06 \cdot \frac{0{,}4}{5} - 0{,}06 \cdot \frac{1{,}46}{5} = 0{,}0673,$$

$$p_i = 1{,}06 \cdot 0{,}15 - 0{,}06 \cdot 3{,}54 + 1{,}06 \cdot 0{,}4 \cdot \ln\left(\frac{5}{0{,}4}\right) -$$
$$- 0{,}06 \cdot 1{,}46 \cdot \ln\left(\frac{1{,}46}{0{,}25}\right) = 0{,}863,$$

skąd: $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right) = \frac{0,0673}{0,863} = 0,078$.

Stosunek więc zapotrzebowania pary na jednostkę pracy tego ostatniego obiegu do tegoż zapotrzebowania w poprzednim obiegu przedstawia się cyfrowo: $\frac{0,078}{0,0863} = 0,9$, t. j. nowy obieg będzie o 10% ekonomiczniejszym.

Jasnem jest, że gdy następnie oprócz $p_e = 0,4$ przyjmiemy również wartość dla p_k bliżej p, np. $p_k = 3$ (t. j. $> 1,46$), to otrzymamy jeszcze ekonomiczniejszy obieg i t. d.

W powyższych rozpatrywaniach zauważymy, iż, ażeby zbliżać się do minimum $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$, wartości dla p_e winniśmy zmniejszać (gdyż $p_e > p'$), wartości zaś dla p_k winniśmy powiększać (gdyż $p_k < p$); gdy to czynić będziemy jednocześnie i w tym samym wzajemnym stosunku, prawo Weiss'a nie będzie przeszkodą w zbliżaniu się do ekonomiczniejszego obiegu, gdyż to prawo przedstawia się w postaci: $\frac{p}{p_k} = \frac{p_e}{p'}$ i gdy w tym stosunku np. p_e zmniejszę, to stosunek ten nakaże mi powiększyć p_k, co jest zgodne z rezultatem powyższego rozumowania. Zastosowanie więc w danym razie stosunku Weiss'a, jest wprawdzie pomocne w wyszukaniu korzystnego obiegu, lecz nie jest konieczne, gdyż ogólnem prawem powinno być zbliżenie p_e do p' oraz p_k do p w jakibądź sposób, czy to zachowując prawo Weiss'a, czy też go ignorując; prawo więc Weiss'a staje się jednym ze szczególnych sposobów służących do dopięcia celu.

Wszystko wyżej przeze mnie wypowiedziane nie ma na celu wykazania niepraktyczności, proponowanych przez inż. Słuckiego obiegów. W praktyce konstrukcyjnej czy też wogóle budowlanej spotykamy się często z wymaganiami, które są z sobą sprzeczne, zadaniem więc konstruktora jest wprowadzenie pewnego kompromisu pomiędzy te sprzeczności, czyniąc pewne wymagania ważniejszemi, inne zaś usuwając na drugi plan; może być, iż równania proponowane przez inż. Słuckiego posiadają te zalety, wydanie jednakże sądu o tem pozostawiam specyalistom danego działu nauki stosowanej.

H. Czopowski, inż.

II.

Wstępna uwaga inż. Czopowkiego, że twierdzenie Weiss'a $p : p_e = p_k : p'$, które daje maximum pracy p_i przy *pewnem napełnieniu* ε pary świeżej, powinno nas zaspokoić zupełnie i nie pozostawia nic więcej do określenia, jest w zasadzie zupełnie słuszną i w duchu moich twierdzeń. Lecz napełnienia ε pary świeżej mogą być *różne*, wskutek czego otrzymamy różne wartości dla p_e i p_k, wypływające z równania Weiss'a $p : p_e = p_k : p'$, przy maximum pracy p_i (a stałych p, p' i m), czyli:

$$p_e = f(\varepsilon) \quad \text{i} \quad p_k = \varphi(\varepsilon).$$

Ażeby zatem otrzymać ściśle określone p_e i p_k, należy przyjąć *pewne* ε, w razie bowiem przeciwnym mielibyśmy dwa równania z 3-ma niewiadomemi. To też należy mieć jeszcze jedno równanie, które zawierałoby stosunek między p_e i p_k, dla uniknięcia *dowolnego* przyjmowania wartości dla ε. Wtedy otrzyma się sprężenie p_k i rozprężenie p_e w postaci określonej, a z tego dopiero najekonomiczniejsze napełnienie ε pary świeżej. Nowe to równanie warunkuje się minimalnem użyciem pary na jednostkę pracy wykresu, a otrzymuje się w postaci równania (8)

$$(1+m)(p_e - p') - m(p - p_k) + mp_k\left(\ln\frac{p}{p_e} - \ln\frac{p_k}{p'}\right) = 0,$$

które to równanie między innemi daje stosunek $p : p_k = p_e : p' = 1$, czyli stosunek zgodny z twierdzeniem Weiss'a i z minimalnem zużyciem pary *jednocześnie*.

Równanie Weiss'a nie daje *bezwzględnego* minimum zużycia pary na jednostkę pracy wykresu, czyli $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ min, lecz warunkuje tylko maximum pracy przy danem napełnieniu ε pary świeżej.

Rozwijając dalej ściśle teoretycznie równanie, warunkujące bezwzględne minimum, $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ min., szukając przytem p_i (max.) przy zmiennem przeciwciśnieniu p', otrzymuje inż. Czopowski bardzo ciekawy warunek tego maximum pracy p_i w zależności od p i p', a mianowicie, że dla otrzymania maximum pracy w cylindrze (wysokoprężnym maszyny parowej sprzężonej), należy napełnienie jego tak wybrać, ażeby prężność pary odpływowej (w przelotni) wynosiła $p' = 0,368\, p$, gdzie p oznacza prężność pary świeżej. Warunek ten może mieć praktyczne znaczenie dla maszyn sprzężonych, przeważnie wydmuchowych, gdzie on jest łatwo i z korzyścią dla równego podziału temperatur wykonalnym.

Również ciekawy jest czysto matematyczny wynik inż. Czopowskiego (równ. 19 i 21), zgodnie z którym odstępstwo sprężenia pary p_k od prężności pary początkowej p ma wpływ mniejszy na rozchód pary, niż takie samo odstępstwo końcowej prężności rozprężania p_e od przeciwciśnienia p'. Praktyczne doświadczenia stwierdziły to samo, lecz w postaci czysto matematycznej tak ogólnikowo nigdy tego dotychczas nie wyrażono.

Tylko nie należy z powyższego twierdzenia wyprowadzać wniosku, że odstępstwa te są niezależne od siebie; pozostaje więc pytanie, czy przy pewnem odstępstwie prężności rozprężania p_e od p', lepiej przyjąć $p_k = p$ czy $p_k < p$? Na to możemy otrzymać ścisłą i niezaprzeczalną odpowiedź w sposób następujący: Należy znaleźć wielkość p_k przy danym $p_e > p'$, która uczyni $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ min., czyli tę prężność sprężania p_k, która uczyni przy danem końcowem ciśnieniu rozprężania p_e zużycie pary na jednostkę pracy wykresu minimum.

Matematycznie rozwiązuje się zadanie to łatwo. Ogólnie było

$$\varepsilon = (1+m)\frac{p_e}{p} - m\frac{p_k}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

$$p_i = (1+m)(p_e - p') - m(p - p_k) +$$

$$+ (1+m)\, p_e \ln\frac{p}{p_e} - m p_k \ln\frac{p_k}{p'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Jeżeli więc $\frac{\varepsilon}{p_i}$ ma być jaknajmniejsze, to należy pierwszą pochodną $\frac{\partial\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)}{\partial p_k} = 0$ i z tego równania otrzymamy warunki maximum lub minimum w zależności od znaku drugiej pochodnej.

$$\frac{\partial\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)}{\partial p_k} = -\frac{m}{p}\, p_i + \left((1+m)\frac{p_e}{p} - m\frac{p_k}{p}\right)\ln\frac{p_k}{p'} = 0 \qquad (3).$$

Wstawiając dla p_i wyraz ogólny z równania (2), otrzymamy, po odpowiedniem wyrugowaniu, równanie warunkujące minimum lub maximum $\frac{\varepsilon}{p_i}$ przy pewnem p_e i stałych innych wartościach p, p' i m.

$$(1+m)\, p_e\left\{\ln\frac{p_k}{p'} - \ln\frac{p}{p_e}\right\} - (1+m)(p_e - p') + m(p - p_k) = 0 \quad (4)$$

a zatem $$\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)_{\min} = \frac{1}{p\ln\frac{p_k}{p'}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Równanie (4) daje dla każdego p_e, p, p' i m inne sprężenie p_k, a mianowicie po rozwiązaniu równania (4), przyjmując $m = 0,05$ następujące wartości:

Skraplanie $p' = 0,2\,kg$	Prężność pary dopływ.	$p = 4$	6	8	10	12	14	*kg* abs.
	Prężność rozprężania	$p_e = 0,8$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	„ „
	„ sprężania	$p_k = 1,88$	2,59	3,18	3,64	3,93	4,1	„ „
Wydmuch $p' = 1,1\,kg$	Prężność rozprężania	$p_e = 1,5$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	„ „
	„ sprężania	$p_k = 3,8$	5,69	7,55	9,4	11	13	„ „

Z powyższych liczb widzimy, że $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ min. na wykres przy pewnem p_e *nie* wymaga sprężania aż do początkowego ciśnienia, jak dotychczas powszechnie mniemano. Następujące cyfry przekonają o prawidłowości przyjętych założeń.

Przyjmując $p = 6$ *kg* abs., $p' = 0{,}2$ *kg*, $p_e = 0{,}8$ *kg*, $m = 0{,}03$, otrzymujemy zużycie pary $\frac{\varepsilon}{p_i}$, zakładając obieg:

ZEUNER'A,	$p : p_k = p_e : p' = 1$	$p_k = 6$ *kg*	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0644$	$p_i = 1{,}666$ *kg*
WEISS'A	$p : p_k = p_e : p'$	$p_k = 1{,}5$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0633$	$p_i = 2{,}05$ „
Sprężenie wedł. równ. (4)		$p_k = \mathbf{2{,}75}$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = \mathbf{0{,}0629}$	$p_i = \mathbf{1{,}958}$ „
„ 10%		$p_k = 0{,}86$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0638$	$p_i = 2{,}086$ „
„ 0%		$p_k = 0{,}2$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0648$	$p_i = 2{,}104$ „

Obieg parowy według równania (4), wychodząc z jednakowej wielkości końcowej prężności p_e, daje najmniejsze zużycie pary na wykres, jest zatem najekonomiczniejszy.

Natomiast jeżeli porównamy powyższe obiegi przy *stałem* ε szukając p_i (max)., t. j. w warunkach, w jakich otrzymano twierdzenie WEISS'A, to wynik będzie inny. Warunek WEISS'A otrzymuje się również przy *stałem* p_i (zamiast ε) i minimum ε (zamiast max. p_i), który to wypadek jest dla porównania obiegów jeszcze ciekawszy. Wtedy, przyjmując np. $p_i = 2$ *kg* abs. przy 6 atm. prężności pary i $m = 0{,}03$, zużycie pary na wykres $\left(\frac{\varepsilon}{p_i}\right)$ min. otrzymujemy przy obiegu:

ZEUNER'A	$p : p_k = p_e : p' = 1$	$p_e = 0{,}975$	$p_k = 6$ *kg*	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0687$
WEISS'A	$p : p_k = p_e : p'$	$p_e = \mathbf{0{,}777}$	$p_k = \mathbf{1{,}6}$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = \mathbf{0{,}06296}$
według równ. (4)		$p_e = 0{,}82$	$p_k = 2{,}78$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0633$
ze sprężeniem 10%		$p_e = 0{,}79$	$p_k = 0{,}8667$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0637$
bez sprężenia		$p_e = 0{,}75$	$p_k = 0{,}2$ „	$\frac{\varepsilon}{p_i} = 0{,}0638$

W tym wypadku gdy p_i jest stałe, obieg WEISS'A daje rzeczywiście najmniejsze zużycie pary $\left(\frac{\varepsilon}{p'}\right)$ na wykres.

Uwaga inż. CZOPOWSKIEGO „trzymanie się więc w danym razie stosunku $p : p_k = p_e : p'$ wpływa niekorzystnie na stronę ekonomiczną obiegu" nie sprawdza się tu, ponieważ właśnie obieg WEISS'A daje najmniejsze zużycie pary dla *danej* pracy.

Uwaga inż. CZOPOWSKIEGO, że jakoby: „ogólnem prawem powinno być zbliżenie p_e do p' oraz p_k do p w jakibądź sposób, czy to zachowując prawo WEISS'A, czy też go ignorując", również nie zgadza się z powyżej podanemi liczbami, które dobitnie i najlepiej ilustrują tę rzecz.

Co do dowolnie przeze mnie przyjętej wielkości A (równ. 11), zgadzam się z inż. CZOPOWSKIM, że nie uzasadniam tego drogą matematyczno-metodyczną, natomiast dowodzę indukcyjnie, że jeżeli przyjmę $A = m(p + p_k - p')$, wtedy otrzymuję napełnienia pary w cylindrze zgodne z danemi HRABAK'A, a zatem, to o co mnie przy odnajdywaniu obiegu doskonałego głównie szło, dla maszyn wydmuchowych 5%, dla maszyn ze skraplaczem 25% stałego odstępstwa od bezwzględnego minimum, t. j. obiegu RANKINE'A lub ZEUNER'A.

A. Słucki, inż.

KRÓTKI ZARYS MECHANIKI

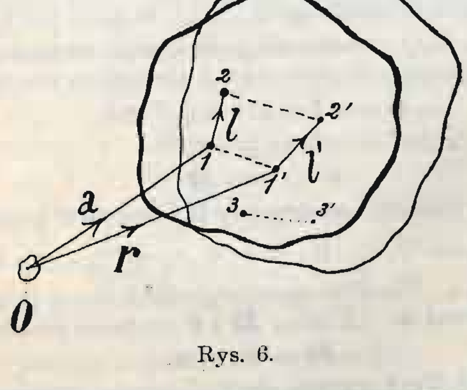
w języku wektorów.

Przez **Ludwika Silbersteina.**

(Ciąg dalszy do str. 154 w № 12 r. b.).

Odkształcenia.

Niechaj wektor $\mathbf{a}$ określa (względem układu odniesienia O) położenie punktu indywidualnego ciała *przed odkształceniem*, zaś wektor $\mathbf{r}$ położenie tegoż punktu *po odkształceniu*, lub też, jeżeli chcemy: położenie punktu w chwili początkowej t_0, względnie w dowolnej chwili t.



Rys. 6.

Punkt indywidualny, którego położenie przed odkształceniem jest określone przez wektor $\mathbf{a}$, nazwiemy krótko *punktem* $\mathbf{a}$.

Na rys. 6 położenie takiego punktu jest wyobrażone np. przez 1 przed odkształceniem, zaś przez 1′ po odkształceniu. Podobnie też 2, 3 są położeniami innych punktów przed odkształceniem, zaś 2′, 3′ — po odkształceniu.

Zakładamy, że $\mathbf{r}$ jest funkcyą *ciągłą* wektora $\mathbf{a}$, wyróżniającego poszczególne punkty ciała, i że funkcya ta dopuszcza określone i również ciągłe pochodne ze względu na jakiekolwiek składowe tegoż wektora $\mathbf{a}$. Mówiąc krótko o ciągłości wektora, rozumiemy ciągłość jego zarówno co do kierunku jak i natężenia.

Gdyby wypadło nam uwzględnić jakiekolwiek nieciągłości czyli skoki, podkreślimy to wyraźnie.

Niechaj 1 i 2 (rys. 6) wyobrażają położenie dwóch punktów nieskończenie blizkich siebie

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_1 \quad \text{i} \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_2,$$

przed odkształceniem; wektor nieskończonostkowy

$$\mathbf{l} = \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_1$$

wskazujący od 1 do 2, będzie wyróżniał pewien element liniowy czyli zbiór jednowymiarowy indywidualnych punktów ciała.

Położenia 1′, 2′ powyższych dwóch punktów *po odkształceniu* oznaczymy przez

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_1 \quad \text{i} \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_2,$$

tak iż

$$\mathbf{l}' = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

będzie tem, czem staje się $\mathbf{l}$ po odkształceniu, a mianowicie, na rysunku naszym, wektorem $1' \longrightarrow 2'$.

Wektory nieskończonostkowe $\mathbf{l}$, $\mathbf{l}'$ wyrażają długość i kierunek jednego i tego samego elementu liniowego przed odkształceniem, względnie po odkształceniu.

Co staje się z elementem $\mathbf{l}$ dzięki odkształceniu? Innemi słowy: jaki zachodzi związek między $\mathbf{l}'$ i $\mathbf{l}$?

Oznaczmy przez ∇ operator HAMILTON'A „*w przestrzeni* $\mathbf{a}$", że tak powiem, t. j. w przestrzeni, w której położenie punktu jest wyznaczone przez wektor $\mathbf{a}$.

Zmiana jakiejkolwiek wielkości φ (skalarnej lub wektorowej) przy przejściu od punktu $\mathbf{a}$ do punktu $\mathbf{a} + \mathbf{l}$ wyrazi się wówczas przez

$$l \frac{\partial \varphi}{\partial l} = (\mathbf{l} \nabla)\, \varphi,$$

a mianowicie przy zaniechaniu nieskończonostek wyższego rzędu niż l [1]). Operator $\mathbf{l}\nabla$ posiada charakter skalarny; wy-

[1]) Gdyby przypadkiem było $(\mathbf{l}\nabla)\,\varphi = 0$, należałoby uwzględnić wyrazy drugiego i, ewentualnie, wyższych rzędów.

raża on po prostu składową gradyenta wziętą w kierunku $\boldsymbol{l}$ i pomnożoną przez długość elementu l.

Możemy to zastosować bezpośrednio do wektora $\boldsymbol{r}$, t. j. położyć $\varphi = \boldsymbol{r}$; wówczas otrzymamy żądany wyraz dla $\boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1$, czyli dla $\boldsymbol{l}'$, a mianowicie:

$$\boldsymbol{l}' = (\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (48).$$

Jeżeli $\boldsymbol{r}$ jest dane jako funkcya $\boldsymbol{a}$, t. j. jeżeli wskazano nam, o jakie mianowicie chodzi odkształcenie, natenczas możemy wykonać zaznaczone w powyższym wzorze działania, dla każdego $\boldsymbol{a}$ i dla każdego $\boldsymbol{l}$; wzór ten wyraża więc długość i kierunek dowolnego elementu liniowego po odkształceniu przez długość i kierunek tegoż elementu przed odkształceniem.

Wektor $(\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{r}$ posiada, oczywiście, kierunek wogóle różny od wektora $\boldsymbol{l}$. Element liniowy $\boldsymbol{l}$ zmieni więc dzięki odkształceniu nietylko swą długość l, lecz również swój kierunek. Oprócz tego dozna oczywiście pewnego przesunięcia czysto postępowego, a mianowicie $1 \longrightarrow 1'$, czyli $\boldsymbol{r} - \boldsymbol{a}$.

Nazwa „odkształcenie" obejmuje wszystkie te zmiany. Odkształceniem właściwem elementu liniowego będzie jego wydłużenie (lub skrócenie); odkształceniem elementu powierzchni lub objętościowego — zmiana rozmiarów, kształtu, wielkości pola, względnie zmiana objętości. Wszystkie jednak zmiany elementów dwu- lub trójwymiarowych dają się wyprowadzić ze zmian elementów liniowych. Dlatego też wzór (48) lub jego równoważniki skalarne posiadają w teoryi odkształcenia pierwszorzędne znaczenie.

Zamiast wektora $\boldsymbol{r}$ określającego położenie punktu $\boldsymbol{a}$ po odkształceniu możemy łatwo wprowadzić *przesunięcie* tego punktu, t. j. wektor

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{r} - \boldsymbol{a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (49).$$

Istotnie, ponieważ operator $\boldsymbol{l}\nabla$ jest *rozdzielnościowy* (dystrybutywny), mamy

$$\boldsymbol{l}' = (\boldsymbol{l}\nabla)\,(\boldsymbol{D} + \boldsymbol{a}) = (\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{D} + (\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{a};$$

lecz ostatni wyraz po prawej stronie jest zmianą, jakiej doznaje samo $\boldsymbol{a}$ przy przejściu od punktu $\boldsymbol{a}_1$ do punktu $\boldsymbol{a}_2$, t. j. poprostu $(\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_2 - \boldsymbol{a}_1$, czyli $= \boldsymbol{l}$, a więc:

$$\boldsymbol{l}' = \boldsymbol{l} + (\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{D} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (48').$$

Dalsze wywody przeprowadzimy jednak na pierwotnym wzorze (48), ten bowiem jest nieco prostszy. W wynikach zresztą łatwo będziemy mogli przejść od wektora $\boldsymbol{r}$ do przesunięcia $\boldsymbol{D}$, opierając się na prostym związku (49).

Z samego już wzoru (48) widzimy, że wektor $\boldsymbol{l}'$ jest liniową funkcyą wektora $\boldsymbol{l}$; możemy więc napisać

$$\boldsymbol{l}' = \omega\,\boldsymbol{l}.$$

Chodzi jednak o zbadanie własności, jakie w tym przypadku posiada operator liniowy ω, to jest o rozkład jego na części symetryczną i niesymetryczną, o bliższe określenie każdej z tych części w zależności od danego odkształcenia i wreszcie o ich interpretacyę fizyczną.

Według (XIII) możemy napisać

$$\boldsymbol{l}' = \Omega\,\boldsymbol{l} + \tfrac{1}{2}\,V\boldsymbol{c}\,\boldsymbol{l} \quad \ldots\ldots \quad (50);$$

sprawa więc redukuje się do rozwinięcia wyrazów operatora symetrycznego Ω i wektora $\boldsymbol{c}$.

Wszystko to powinniśmy odczytać z postaci szczególnej wzoru (48)

$$\boldsymbol{l}' = (\boldsymbol{l}\nabla)\,\boldsymbol{r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (48^{\text{bis}}).$$

Aby nawiązać do ostatniego rozdziału i użytej tam symboliki, wprowadźmy na chwilę, jako układ odniesienia, wektory normalne $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$, napiszmy więc

$$\boldsymbol{r}_1 = \boldsymbol{i}\,r_1 + \boldsymbol{j}\,r_2 + \boldsymbol{k}\,r_3$$

i podobnie $\quad \boldsymbol{l} = \boldsymbol{i}\,l_1 + \ldots; \quad \boldsymbol{l}' = \boldsymbol{i}\,l'_1 + \ldots$

oraz $\quad \nabla = \boldsymbol{i}\,\nabla_1 + \boldsymbol{j}\,\nabla_2 + \boldsymbol{k}\,\nabla_3;$

∇_1 etc. są „składowemi" wektora ∇, t. j. po prostu symbolami różniczkowania cząstkowego w kierunkach $\boldsymbol{i}$ etc., w przestrzeni $\boldsymbol{a}$, czyli ostatecznie

$$\nabla_1 = \frac{\partial}{\partial a_1},\ \nabla_2 = \frac{\partial}{\partial a_2},\ \nabla_3 = \frac{\partial}{\partial a_3},$$

jeżeli $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{i}\,a_1 + \boldsymbol{j}\,a_2 + \boldsymbol{k}\,a_3$. Pozostaniemy jednak przy symbolach ∇_1, ∇_2, ∇_3 jako dogodniejszych, dla samej chociażby pisowni. Po tych objaśnieniach możemy napisać

$$\boldsymbol{l}\nabla = l_1\,\nabla_1 + l_2\,\nabla_2 + l_3\,\nabla_3,$$

a więc, według (48):

$$\boldsymbol{l}' = \omega\,\boldsymbol{l} = \boldsymbol{i}\,(l_1\nabla_1 + l_2\nabla_2 + l_3\nabla_3)\,r_1 + \boldsymbol{j}\,(\ldots)\,r_2 + \boldsymbol{k}\,(\ldots)\,r_3.$$

Mamy przeto

$$\omega = \begin{array}{|ccc|}\hline \nabla_1 r_1 & \nabla_2 r_1 & \nabla_3 r_1 \\ \nabla_1 r_2 & \nabla_2 r_2 & \nabla_3 r_2 \\ \nabla_1 r_3 & \nabla_2 r_3 & \nabla_3 r_3 \\ \hline\end{array}$$

czyli

$$\omega_{\iota\varkappa} = \nabla_\varkappa r_\iota, \quad \iota, \varkappa = 1, 2, 3.$$

Operator sprzężony ω' otrzymamy, przestawiając wskaźniki; współczynniki operatora ω' będą więc

$$\omega_{\iota\varkappa}' = \nabla_\iota r_\varkappa; \quad \iota, \varkappa = 1, 2, 3.$$

Operator $\Omega = \frac{1}{2}(\omega + \omega')$, według (XIII), będzie przeto określony przez współczynniki

$$\Omega_{\iota\iota} = \nabla_\iota r_\iota, \quad \Omega_{\iota\varkappa} = \tfrac{1}{2}(\nabla_\varkappa r_\iota + \nabla_\iota r_\varkappa) = \Omega_{\varkappa\iota},$$

zaś wektor $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{i}\,(\omega_{32} - \omega_{23}) + \ldots$ będzie, według (51[a])

$$\boldsymbol{c} = \boldsymbol{i}\,(\nabla_2 r_3 - \nabla_3 r_2) + \boldsymbol{j}\,(\nabla_3 r_1 - \nabla_1 r_3) + \boldsymbol{k}\,(\nabla_1 r_2 - \nabla_2 r_1);$$

lecz suma wyrazów stojących po prawej stronie jest *curlem* wektora $\boldsymbol{r}$ w przestrzeni $\boldsymbol{a}$, a więc

$$\boldsymbol{c} = \mathrm{curl}_{(a)}\,\boldsymbol{r}.$$

Wskaźnik $_{(a)}$ ma właśnie przypominać otrzegawczo, że chodzi o *przestrzeń* $\boldsymbol{a}$, t. j. że $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{i}\left(\frac{\partial r_3}{\partial a_2} - \frac{\partial r_2}{\partial a_3}\right) + \ldots$; gdyby chodziło o przestrzeń $\boldsymbol{r}$ mielibyśmy *curl* $\boldsymbol{r} = 0$, t. j. $curl_{(r)}\,\boldsymbol{r} = 0$ identycznie, albowiem $\boldsymbol{r}$ jest wektorem radyalnym (wszystkie $\boldsymbol{r}$ wychodzą z tego samego punktu O) a więc irrotacyjnym; w spółrzędnych r_ι etc. mielibyśmy po prostu $\frac{\partial r_3}{\partial r_2} = 0, \frac{\partial r_2}{\partial r_3} = 0$, etc.; spółrzędne te są bowiem wzajemnie niezależne. Tyle co do usprawiedliwienia wskaźnika $_{(a)}$. Pamiętajmy zresztą, że ∇ również było tylko skrótem dla $\nabla_{(a)}$, zaś *curl* jest niczem innem jak $V\nabla$. Po tych jednak objaśnieniach możemy wskaźnik $_{(a)}$ opuścić, domyślając się go zarówno przy ∇ jak przy *curl*. Stosując operator ten do samego $\boldsymbol{a}$, otrzymamy oczywiście *curl* $\boldsymbol{a} = 0$; wprowadzając więc przesunięcie $\boldsymbol{D} = \boldsymbol{r} - \boldsymbol{a}$, będziemy mieli

$$\boldsymbol{c} = curl\ \boldsymbol{D}.$$

Pod tym względem przesunięcie $\boldsymbol{D}$ jest również dogodne jak wektor $\boldsymbol{r}$.

Określiwszy tym sposobem operator Ω i wektor $\boldsymbol{c}$, możemy zastosować twierdzenie (XIII) w całej pełni [1]).

Mamy tedy ostatecznie jako wyraz związku między elementem liniowym odkształconym a elementem pierwotnym:

$$\boldsymbol{l}' = \omega\,\boldsymbol{l} = \Omega\,\boldsymbol{l} + \tfrac{1}{2}\,V\boldsymbol{c}\,\boldsymbol{l} \quad \ldots\ldots \quad \underline{(50),}$$

gdzie wektor $\boldsymbol{c}$ *jest określony przez*

$$\boldsymbol{c} = curl\ \boldsymbol{D} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \underline{(51),}$$

zaś operator liniowy symetryczny Ω *przez sześć współczynników*

$$\Omega_{\iota\iota} = \nabla_\iota r_\iota; \quad \Omega_{\iota\varkappa} = \tfrac{1}{2}(\nabla_\iota r_\varkappa + \nabla_\varkappa r_\iota) = \Omega_{\varkappa\iota} \quad \ldots \quad (52)$$

dla $\iota, \varkappa = 1, 2, 3$. *Wszelkie operatory różniczkowe są wzięte względem przestrzeni* $\boldsymbol{a}$. *Między* $\boldsymbol{D}$ *i* $\boldsymbol{r}$ *zachodzi prosty związek*

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{r} - \boldsymbol{a}, \quad \ldots\ldots \quad (49^{\text{bis}}).$$

Część $\frac{1}{2}\,V\boldsymbol{c}\,\boldsymbol{l}$ wyraża *obrót* elementu liniowego naokoło osi $\boldsymbol{c}$ o kąt równy $\frac{1}{2}c$; obrót ten co do kierunku i wartości bezwzględnej jest, według (51), określony przez wektor

$$\tfrac{1}{2}\,curl\ \boldsymbol{D},$$

gdzie $\boldsymbol{D}$ oznacza przesunięcie; wielkość kąta i kierunek osi obrotu będą wogóle zmienne przy przejściu od jednego punk-

[1]) Zastosowanie to podaje też *dr. S. Valentiner*, jako przykład ilustrujący teoryę form dyadowych, w nader pięknym tomiku (354) „Sammlung Göschen": *Vektoranalysis*. Lipsk 1907. Książki tej nie zamieściłem w spisie podanym w pierwszym artykule (*Przegl. Techn.* № 7), gdyż teraz dopiero dowiedziałem się o jej wydaniu; inaczej byłbym wówczas już polecił ją najgorliwiej uwadze czytelnika. Z pominięciem niedogodnej symboliki, dziełko to będzie najlepszym może wstępem do algebry i analizy wektorowej.

tu $\boldsymbol{a}$ do innych punktów $\boldsymbol{a}$, t. j. od jednej do innych części ciała odkształcanego. Jeżeli

$$curl\ \boldsymbol{D} = 0,$$

odkształcenie nazywa się *irrotacyjnem*. Nie znaczy to, aby żaden element liniowy $\boldsymbol{l}$ nie doznawał zmiany kierunku, lecz ma tylko wyrażać, że element *objętościowy* nie doznaje obrotu, jak to natychmiast lepiej zrozumiemy.

Część symetryczna operatora ω, w równaniu (50), t. j. operator Ω zmienia przedewszystkiem długość i wogóle też kierunek elementu liniowego $\boldsymbol{l}$. Jeżeli więc nawet jest $curl\ \boldsymbol{D} = 0$, natenczas *pewne tylko, szczególne elementy liniowe nie doznają zmiany kierunku.* Operator liniowy Ω, jako symetryczny, posiada *trzy osie główne* wzajemnie prostopadłe i trzy odpowiednie *wartości główne*: Ω_1, Ω_2, Ω_3. Element liniowy zlewający się pierwotnie z jedną z tych właśnie osi zachowa po odkształceniu swój kierunek. Jeżeli wartości Ω_1, Ω_2, Ω_3 są różne od siebie, natenczas będą istniały tylko trzy takie kierunki wybitne, ale bądź co bądź, nie mniej jak trzy, a mianowicie prostopadłe do siebie. Pomyślmy sobie zbiór ∞^2 elementów liniowych wychodzących z jednego i tego samego punktu $\boldsymbol{a}$ i posiadających pierwotnie jedną i tę samą długość; powierzchnia $l =$ const. będzie ograniczała element objętościowy ciała, pierwotnie kulisty. Otóż, po odkształceniu kula ta stanie się *elipsoidą*, wogóle trójosiową; osie główne tej elipsoidy zlewają się co do kierunku z osiami głównemi operatora Ω. Jeżeli więc $curl\ \boldsymbol{D} = 0$, natenczas elementy liniowe, wzięte w kierunku tych trzech osi operatora czyli osi elipsoidy, zlewają się z niemi nadal. Możemy więc powiedzieć, że w tym wypadku kula elementarna przekształciła się na elipsoidę, że wszelkie naogół średnice kuli zmieniły swój kierunek, z wyjątkiem atoli trzech średnic wzajemnie prostopadłych, że więc „kula, jako jedna całość nie doznała obrotu". Dlatego to odkształcenia czyniące zadość warunkowi

$$\boldsymbol{c} = curl\ \boldsymbol{D} = 0$$

nazywają się *irrotacyjnemi*, lub też *czystemi odkształceniami*.

Wogóle zaś, t. j. dla $c \neq 0$, możemy zdać sprawę z odkształcenia, mówiąc, że *kula elementarna o promieniu* l (której środkiem jest dany punkt $\boldsymbol{a}$):

1) *przeistacza się na elipsoidę o półosiach*

$$\Omega_1\, l, \quad \Omega_2\, l, \quad \Omega_3\, l,$$

2) *doznaje obrotu* $\frac{1}{2}$ *curl* $\boldsymbol{D}$,

3) *doznaje przesunięcia postępowego* $\boldsymbol{D}$.

Wszystko to, cośmy tu wyliczyli a więc kształt, rozmiary względne i oryentacya osi elipsoidy, kierunek i wielkość kąta obrotu, wreszcie samo przesunięcie—będzie wogóle różne dla różnych punktów $\boldsymbol{a}$, czyli dla różnych części ciała odkształcanego.

W szczególnych tylko przypadkach kierunki osi głównych i odpowiednie wartości główne Ω_1 etc. są te same dla całego ciała, t. j. stałe względem $\boldsymbol{a}$; wówczas odkształcenie nazywa się *jednorodnem*. Wogóle zaś — *niejednorodnem.*

Wróćmy jeszcze na chwilę do wzoru (52) dla operatora Ω, aby wprowadzić doń przesunięcie $\boldsymbol{D} = \boldsymbol{r} - \boldsymbol{a}$ zamiast wektora $\boldsymbol{r}$. Mamy $r_1 = a_1 + D_1$ i t. d., a więc $\nabla_1 r_1 = \nabla_1 a_1 + \nabla_1 D_1 = 1 + \nabla_1 D_1$, i podobne wyrazy dla $\nabla_2 r_2$, $\nabla_3 r_3$; następnie dla wskaźników różnych, $\nabla_1 a_2 = \nabla_2 a_1 = 0$, etc., a więc

$$\left.\begin{aligned} \Omega_{\iota\iota} &= 1 + \nabla_\iota D_\iota \\ \Omega_{\iota\varkappa} &= \tfrac{1}{2}(\nabla_\iota D_\varkappa + \nabla_\varkappa D_\iota) \\ &\scriptstyle \iota,\ \varkappa\, =\, 1,\ 2,\ 3. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (52^b)$$

Wzory te wyrażają zupełnie to tamo co (52).

Rozważmy teraz odkształcenie *jednorodne*, zlewające się z danem odkształceniem w elementarnej dziedzinie otaczającej dany punkt $\boldsymbol{a}$, czyli (jak się mówi) odkształcenie jednorodne „styczne" do danego odkształcenia w tym punkcie. W przypadku tym osie główne operatora Ω będą posiadały wszędzie jeden i ten sam kierunek; możemy więc położyć wzdłuż nich wektory normalne $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$, które uważamy jako układ odniesienia dla całego ciała. Wówczas będzie

$$\left.\begin{aligned} \Omega_{\iota\iota} &= 1 + \nabla_\iota D_\iota; \quad {\scriptstyle \iota = 1, 2, 3} \\ \Omega_{\iota\varkappa} &= 0; \quad {\scriptstyle \iota \neq \varkappa = 1, 2, 3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (53).$$

Same też wartości główne $\Omega_1 = 1 + \nabla_1 D_1$ etc. będą zresztą stałe, dla odkształcenia jednorodnego.

Aby otrzymać wydłużenia elementów liniowych, wystarcza rozważyć część irrotacyjną odkształcenia. Napiszmy więc

$$\boldsymbol{l}' = \Omega\, \boldsymbol{l};$$

według (53) i (XV) otrzymamy:

$$\boldsymbol{l}' = \boldsymbol{i}\,(1 + \nabla_1 D_1)\, l_1 + \boldsymbol{j}\,(1 + \nabla_2 D_2)\, l_2 + \boldsymbol{k}\,(1 + \nabla_3 D_3)\, l_3.$$

Wydłużeniem dowolnego elementu liniowego nazywa się stosunek

$$\lambda = \frac{l' - l}{l} = \frac{l'}{l} - 1.$$

Wydłużenia główne będą przeto

$$\lambda_1 = \nabla_1 D_1, \quad \lambda_2 = \nabla_2 D_2, \quad \lambda_3 = \nabla_3 D_3 \quad . \quad . \quad (55),$$

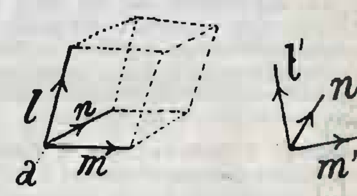
gdzie D_1 etc. są składowemi przesunięcia wzdłuż osi głównych. Przy zwykłej pisowni byłoby

$$\lambda_1 = \frac{\partial D_1}{\partial a_1}, \quad \text{etc.}$$

Jeżeli odkształcenie jest niejednorodne, należy pamiętać, że linie, wzdłuż których mierzymy a_1 etc., nie są prostemi, lecz wogóle krzywemi, a mianowicie granicami łańcuchów odpowiednich osi głównych; mamy wówczas potrójny układ krzywoliniowy, ortogonalny; wskaźniki 1 i t. d. symbolizują wówczas składowe styczne do jednej z trzech takich linii przechodzących przez rozważany punkt $\boldsymbol{a}$.

Podobnie też *linie rotacyjne*, t. j. wskazujące wszędzie kierunek wektora $\boldsymbol{c} = curl\ \boldsymbol{D}$ (o ile takowy istnieje) będą wogóle krzywe. Linie te mogą przeszywać ów potrójny układ linii dylatacyjnych w najrozmaitszych wogóle kierunkach.

Poznawszy znaczenie różnych wyrazów i oswoiwszy się tym sposobem z operatorem Ω i z towarzyszącą mu częścią rotacyjną $V\boldsymbol{c}$, będziemy odtąd już mogli posługiwać się swobodniej krótkim wzorem (50).



Rys. 7.

Pomyślmy sobie trzy nie leżące w jednej płaszczyźnie elementy liniowe $\boldsymbol{l}$, $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{n}$ o wspólnym punkcie początkowym $\boldsymbol{a}$ (rys. 7); określają one równoległościan elementarny, którego objętość $d\tau$ przed odkształceniem wyraża się przez

$$d\tau = \boldsymbol{l}\, V \boldsymbol{m}\boldsymbol{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (56).$$

Po odkształceniu niechaj elementy te będą $\boldsymbol{l}'$, $\boldsymbol{m}'$, $\boldsymbol{n}'$, a więc objętość równoległościanu

$$d\tau' = \boldsymbol{l}'\, V \boldsymbol{m}'\, \boldsymbol{n}'.$$

Chodzi o porównanie $d\tau'$ z pierwotną objętością $d\tau$.

Część $\frac{1}{2}\, V\boldsymbol{c}$ operatora ω we wzorze (50) wyraża czysty obrót każdego elementu liniowego (wychodzącego z $\boldsymbol{a}$) o jeden i ten sam kąt, naokoło jednej i tej samej osi; to zaś nie wywrze żadnego, oczywiście, wpływu na objętość równoległościanu. Innemi słowy, zmiana objętości będzie taka sama, jak gdyby c było równe zeru. Dość więc będzie zachować część symetryczną operatora, czyli napisać

$$\boldsymbol{l}' = \Omega\, \boldsymbol{l}, \quad \boldsymbol{m}' = \Omega\, \boldsymbol{m}, \quad \boldsymbol{n}' = \Omega\, \boldsymbol{n}.$$

Będzie przeto

$$\frac{d\tau'}{d\tau} = \frac{\Omega\, \boldsymbol{l}\ V \Omega\, \boldsymbol{m}\, \Omega\, \boldsymbol{n}}{\boldsymbol{l}\ V \boldsymbol{m}\boldsymbol{n}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (57).$$

Stosunek ten iloczynów skalarno-wektorowych jest *niezmiennikiem* cechującym sam operator Ω, t. j. nie ulega żadnej zmianie jeżeli zamiast $\boldsymbol{l}$, $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{n}$ weźmiemy trzy inne (nie leżące w jednej płaszczyźnie) wektory elementarne o tymże punkcie początkowym $\boldsymbol{a}$. Ta sama zresztą własność przysługuje ogólnemu operatorowi liniowemu ω, to jest ilorazowi

$$x = \frac{\omega\, \boldsymbol{l}\ V \omega\, \boldsymbol{m}\, \omega\, \boldsymbol{n}}{\boldsymbol{l}\ V \boldsymbol{m}\boldsymbol{n}}.$$

Twierdzenia tego dowodzi się w sposób następujący[1]): Najogólniejszy wektor daje się wyrazić przez $\alpha\boldsymbol{l} + \beta\boldsymbol{m} + \gamma\boldsymbol{n}$, gdzie α, β, γ oznaczają dowolne skalary. Otóż, jeżeli weźmiemy $\alpha\boldsymbol{l}$

[1]) Por. *Heaviside'a*, loc. cit.

zamiast $\boldsymbol{l}$, licznik i mianownik będą poprostu pomnożone przez α, tak iż iloraz x nie zmieni się; jeżeli dodamy $\beta\boldsymbol{m}$, otrzymamy w liczniku wyraz dodatkowy $\beta \,.\, \omega\boldsymbol{m}\, V\omega\boldsymbol{m}\,\omega\boldsymbol{n}$ równy zeru identycznie, podobnie też w mianowniku $\beta\boldsymbol{m}\, V\boldsymbol{mn} = 0$; x znowu więc pozostanie bez zmiany; to samo będzie, jeżeli dobierzemy jeszcze wyraz $\gamma\boldsymbol{n}$. Przy dowolnej tedy zmianie wektora $\boldsymbol{l}$ iloraz x nie zmienia się; podobnie też okażemy, że x nie ulega zmianie, skoro zamiast $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{n}$, weźmiemy dowolne inne wektory,— co było do dowiedzenia.

Stosując to do operatora Ω, widzimy tedy według (57), że iloraz $\frac{d\tau'}{d\tau}$ nie zależy od kształtu ani od rozmiarów elementu objętościowego $d\tau$, lecz jedynie od własności operatora Ω, t. j. od własności danego odkształcenia i od wyboru punktu $\boldsymbol{a}$, w okolicy którego zbudowano pierwotny element $d\tau$.

Iloraz

$$\theta = \frac{d\tau' - d\tau}{d\tau},$$

czyli tak zwane (sześcienne) *rozszerzenie* (*dylatacya*) posiada więc określone znaczenie, nie wymagając żadnych dalszych objaśnień; można mówić wprost o „rozszerzeniu *w punkcie* $\boldsymbol{a}$“.

Skoro tedy wartość stosunku iloczynów w (57) nie zależy od wyboru elementów liniowych $\boldsymbol{l}$, $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{n}$, wychodzących zawsze z tego samego punktu $\boldsymbol{a}$, weźmy je w kierunkach osi głównych operatora Ω w tym punkcie; oznaczmy kierunki te przez $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$, a więc połóżmy

$$\boldsymbol{l} = l\,\boldsymbol{i},\ \boldsymbol{m} = m\,\boldsymbol{j},\ \boldsymbol{n} = n\,\boldsymbol{k};$$

wówczas otrzymamy: $\Omega\boldsymbol{l} = l\,\Omega_1 \,.\, \boldsymbol{i}$, etc., tak iż będzie

$$\frac{d\tau'}{d\tau} = \frac{\Omega_1\,\boldsymbol{i}\, V\Omega_2\,\boldsymbol{j}\Omega_3\,\boldsymbol{k}}{\boldsymbol{i}\, V\boldsymbol{j}\,\boldsymbol{k}} = \Omega_1\,\Omega_2\,\Omega_3;$$

wartości główne Ω_1 etc. są bowiem zwykłymi skalarami.

Według (52^b) mamy stąd dla rozszerzenia:

$$\theta = (1 + \nabla_1 D_1)(1 + \nabla_2 D_2)(1 + \nabla_3 D_3) - 1 \qquad (58)$$

lub według (55)

$$\theta = (1 + \lambda_1)(1 + \lambda_2)(1 + \lambda_3) - 1 \quad . \quad . \quad . \quad (58^a),$$

gdzie λ_1, λ_2, λ_3 oznaczają wydłużenia główne.

Widzieliśmy już zresztą poprzednio, że kula elementarna o promieniu l, a więc o objętości $\frac{4}{3}\pi l^3$, przekształca się na elipsoidę o półosiach $\Omega_1 l$, $\Omega_2 l$, $\Omega_3 l$, a więc o objętości $\frac{4}{3}\pi\,\Omega_1\,\Omega_2\,\Omega_3\,l^3$, tak iż stosunek objętości istotnie równa się $\Omega_1\,\Omega_2\,\Omega_3$. (C. d. n.)

KRONIKA BIEŻĄCA.

Konkurs międzynarodowy na maszyny latające. Przewodniczący działu żeglugi powietrznej klubu bawarskiego samojazdowego dr. Gaus w Garnisch pod Monachium wyznaczył 10 000 marek nagrody za zbudowanie w czasie od 1 maja r. b. do 1 maja 1909 r. maszyny latającej czyniącej zadość warunkom następującym: Zdobywca nagrody, po wzniesieniu się z ziemi, powinien przez 10 min. na wskazanym mu placu ograniczonym latać i bujać w powietrzu, a po upływie tego czasu opuścić się na ziemię. Ustrój maszyny dowolny, lecz bezbalonowy. Przed zapisaniem się na listę ubiegających się o nagrodę, należy nadesłać opis, rysunki, fotografie i. t. p. maszyny i wnieść do kasy komitetu sportowego wystawy r. 1908 w Monachium wpisowe. Bliższych szczegółów udziela Biuro sportowe wystawy w Monachium 1908 r. (Geschäftsstelle des Sportausschusses der Ausstellung „München 1908“ Neuhauserstr. 10/II in München). *—sk—*

Muzeum komunikacyi i budownictwa w Berlinie, mieszczące się w dawnym dworcu Hamburskim, obejmuje dwa działy: 1) środki komunikacyjne lądowe i morskie i 2) architekturę; w celu zaś ułatwienia obsługi w piwnicach hal pomieszczono przyrządy do sprężenia powietrza i wytwarzania elektryczności.

Drogi żelazne. Tu się odnoszą: 1) Nawierzchnia: a) tory i ich części składowe, zatem wszelkie typy szyn, tory pojedyncze, podwójne lub wielokrotne krzyżowanie torów, rozjazdy i t. p.; b) około 500 sygnałów i różnych zabezpieczeń wielkości naturalnej lub w zmniejszeniu, poruszanych ręcznie, powietrzem ściśnionem lub elektrycznie, 2) Tabor: a) parowozy zwykłe, sprzężone, górskie zębate i t. p.; b) części oddzielne, ich cel i sposoby użycia: nastawianie na prędkość i kierunek ruchu, hamulce, gwizdawki, dzwonki, piaskownice, mierniki do pary, próżni, siły pociągowej i t. p.; c) drezyny, pługi śnieżne i t. p.; d) wozy osobowe 4-ch klas z różnym stopniem wykwintu, stosownie do stanowiska lub zamożności jadącego, choć wszędzie na wygodę zwrócono uwagę; e) wozy towarowe dla przedmiotów różnorodnych. 3) a) Oświetlenie pociągów lub stacyi świecami, gazami, elektrycznością i lampy odpowiednie; b) ogrzewanie wodą gorącą, stalą lub ruchomą, parą, koksem lub węglem spalonym w piecykach i t. p. 4) Ogólny ustrój warsztatów i przyrządy oddzielne główne lub pomocnicze: młoty, obrabiarki, dźwigi, tłocznie hydrauliczne, obrotnice, suwnice i w. in. 5) Uczelnie teoretyczne i praktyczne, środki pomocnicze, roboty wykonane przez uczniów i t. p. 6) Dział administracyi i finansów obejmuje zbiory przepisów obowiązujących, zniesionych i obecnych, ogólnych, dla wydziału drogowego, wydziału ruchu i t. p.; dokumenty; dane statystyczne; rozkłady pociągów; wyrób, kontrolę i stemplowanie biletów; różne rodzaje kwitów na towary, słowem to wszystko, co się odnosi do wykorzystywania drogi żelaznej.

Drogi wodne. W modelach pokazano: a) Regulowanie rzek, budowę kanałów i portów wewnętrznych, upusty i śluzy. b) Elektrowozy holownicze. c) Przyrządy do czyszczenia koryt rzek lub wybrzeży morskich, kruszenia lodu, latarnie morskie, ostrzegacze dźwiękowe w czasie mgły. d) Inna grupa obejmuje tamy wodne, statki holownicze, narzędzia i przyrządy pomocnicze do hydrografii i pomiarów. e) Wielki dobór modeli mostów w Berlinie i innych miastach oraz zamknięcie doliny Solingen. f) Próby materyałów budowlanych, kafary do zabijania pali ręcznie lub mechanicznie.

Dział architektury obejmuje budynki wyróżniające się przeważnie stroną artystyczną, przedstawione w modelach, rysunkach i fotografiach, które, będąc zawieszone w różnych miejscach widocznych, przyczyniają się nadto do przyozdobienia wnętrza. Tu więc spotykamy okazy sufitów, stopni schodowych, ślusarstwa zdobniczego, okien, przyrządów do ogrzewania, robót mozaikowych ze szkła lub kamienia i t. p. W miejscu oddzielnem ustawiono wielki dźwig, w czasie budowy podnoszący ciężary znaczne, jak np. wapno, granit, piaskowiec, marmur i t. p.

Na zaznaczenie wreszcie zasługuje *czytelnia*, zawierająca znaczną liczbę dzieł specyalnych i dużo czasopism; tu także pomieszczono sporo dokumentów rysunków, fotografii i innych zabytków historycznych: są to bowiem przeważnie oryginały.

(*Z. d. ö. I.-u. A. V.* № 6 r. b., str. 91) *—sk—*

Przemiany materyi. Jako uzupełnienie do wiadomości podanych w № 36 r. z. (str. 425), przytaczamy następujące ciekawe przyczynki do najnowszych teoryi o przeobrażaniu się jednych ciał w drugie. Wiadomo, że Ramsay wypowiedział mniemanie, iż miedź pod wpływem emanacyi radu przeobraża się w lit, to też interesującą rzeczą było zbadanie pewnej ilości minerałów, zawierających jednocześnie miedź i rad dla przekonania się, czy w minerałach tych znajduje się również i lit. Badanie takie wykazałoby również czy można znaleść zależność między ilościami miedzi i litu, zawartemi w tychże minerałach. Stwierdzeniem tych faktów na drodze doświadczalnej zajęła się na propozycyę pani Curie-Skłodowskiej panna Ellen Gleditsch, z której sprawozdania w „Le Radium“ czerpiemy poniższe dane.

Wszystkie badane minerały zawierały lit, lecz większość w tak drobnej ilości, że oznaczenie jej zwykłą drogą było niemożliwe. Z tego powodu panna Gleditsch zastosowała metodę spektroskopową. W celu oznaczenia ścisłości tej metody p. Gleditsch przeprowadziła szereg doświadczeń próbnych, przyczem przekonała się, że cienką lecz wyraźną czerwoną linię widma litu widać w spektroskopie w mieszaninie chlorku litu i sodu jeszcze przy stosunku 1 : 10 000. Następnie p. Gleditsch przygotowała szereg mieszanin w różnych proporcyach, poczynając od 1 : 50 do 1 : 10 000 i stwierdziła, że różnicę jasności linii litu można zauważyć między roztworami, będącymi w takiem następstwie po sobie jak np. roztwór w stosunku 1 : 300 i 1 : 400.

Po dokonaniu tych prac przygotowawczych wystarczało do oznaczenia zawartości litu w danym minerale porównać w spektroskopie natężenie badanej linii litu z natężeniem linii litu roztworów o ściśle określonym stosunku i oznaczyć roztwór najbardziej zbliżony. W ten sposób p. Gleditsch zbadała czeską pechblendę z Jachimowa (Joachimsthal), pechblendę z Colorado, chalcolit kornwalijski, karnotyt z Colorado, toryt norweski i autunit z Autun (Francya). Zastanawia fakt, że gdy toryt, w którym znajduje się dużo litu, zawiera zaledwo ślady miedzi, autunit i gumit przy znacznej ilości litu nie zawierają zupełnie miedzi. Wprawdzie możnaby powiedzieć, jak twierdzi inny badacz Mc. Coy, że nie stanowi to dowodu przeciwko teoryi Ramsay'a, gdyż możnaby przypuścić, że w obu ostatnich minerałach cała miedź przemieniła się już w lit, lecz z drugiej strony fakt, że w chalkolicie, zawierającym dużo miedzi, można zaledwo z trudnością dostrzedz śladów litu, czyni hypotezę Mc. Coy'a mało prawdopodobną. Możliwe jest nawet, że chalkolit nie zawiera wcale litu, a znalezione ślady zawdzięczać należy zanieczyszczeniom tegoż minerału.

Wogóle p. E. Gleditsch dochodzi do wniosku, że aczkolwiek wyniki jej badań nie obalają stanowczo teoryi Ramsay'a, to jednak również jej nie podtrzymują. W każdym razie prace p. Gleditsch wykazały, że niema żadnego ilościowego związku między zawartością miedzi i litu w badanych minerałach radioaktywnych.

W „Le Radium“ znajdujemy również sprawozdania z badań nad pochodzeniem radu. Prace Soddy'ego i Boltwood'a dowiodły, że między uranem a radem musi leżeć jeden lub więcej stopni przejściowych. Z początku Boltwood sądził, że ciałem pośrednim jest aktyn, lecz wkrótce Rutheford i sam Boltwood przekonał się, że mniemanie to jest błędne i że materyą macierzystą radu jest nowe ciało, pochodzące z przeobrażeń toru. Istnienie takiego nowego przejściowego ciała stwierdzone zostało również i przez Ottona Hahn'a i to na drodze zupełnie odmiennej od tej, którą kroczył Boltwood. *w. w.*

Sprostowania. W № 8, str. 101, szp. II w. 15 od góry, zamiast $\sqrt[1,41]{\ }$ winno być: $\sqrt[1,14]{\ }$.

W № 12, str. 154, szp, 1, w. 30 od g., zamiast $\frac{\omega_{11} + \omega_{21}}{2}$, powinno być $\frac{\omega_{12} + \omega_{21}}{2}$.

ARCHITEKTURA.

Nowoczesne typy budynków szkolnych.

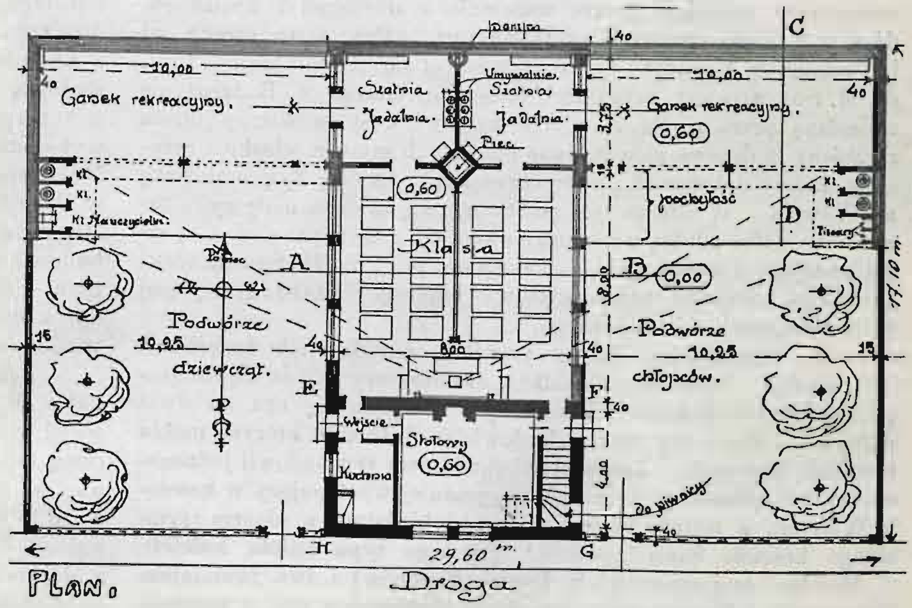
(Ciąg dalszy do str. 133 w № 10 r. b.).

II.

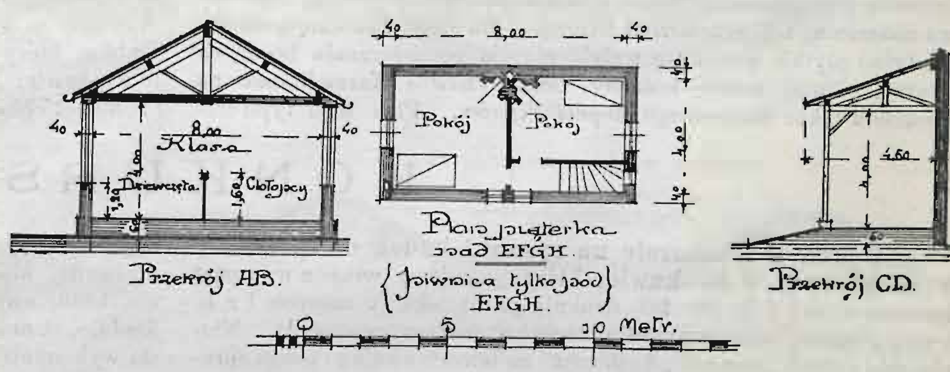
Szkoła jednoizbowa koedukacyjna wiejska we Francyi.

(z 5-ma rys. w tekscie).

Jest to typ, w którym zasada koedukacyjności przeprowadzoną została napoły: w jednej izbie szkolnej, obsługiwanej przez jedną nauczycielkę, mieści się 44 dzieci płci obojej: 22 chłopców i tyleż dziewcząt, lecz siedzą oni nie pomieszani, tylko rozgrodzeni niewysoką przegródką, wysokości 1,6 *m* (porównaj przekrój *AB*); sposób ten umożliwił przeprowadzenie zasad takiego wykładu w okolicach, gdzie inspekcya szkolna niechętnie przystaje na koedukacyjność, a środków gminy nie stać na szkoły osobne.

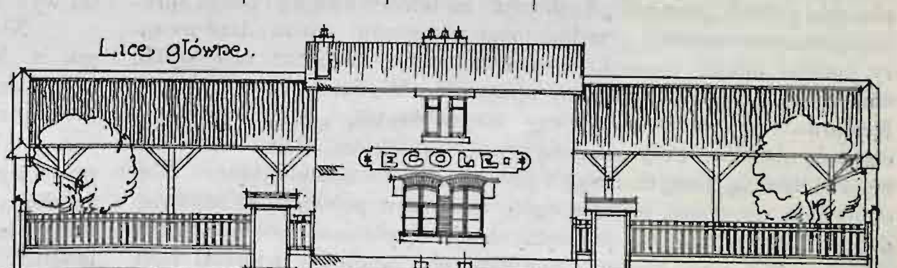


Budynek szkolny postawiony jest tak, że dzieli sobą teren na dwie części, przeznaczone na podwórza: dla chłopców i dziewcząt. Od frontu piętrowa część budynku mieści mieszkanko nauczycielki w dwóch kondygnacyach; od tyłu umieszczona izba szkolna, o wymiarach 8×8 *m*, z oknami na wschód i zachód, podzielona jest wyżej wspomnianą przegrodą, nie przeszkadzającą nauczycielce z miejsca jej ogarniać wzrokiem całą dziatwę i zarazem przez okna — wychodki, mieszczące się na dziedzińcach. Do przejścia do wychodków służą kryte ganki, które podczas słoty mogą być użyte do zabaw dzieci. Wejście do izby przez szatnie (zarazem jadalnie) dla każdej płci zosobna. W tej też szatni jest palenisko pieca izby szkolnej.



Całość pomyślana i przeprowadzona została z iście francuskim dowcipem.

A. Gravier, arch.



RUCH BUDOWLANY I ROZMAITOŚCI.

Posiedzenie Koła Architektów d. 23 marca. Inż. A. Kipman mówił *„O zastosowaniu elektryczności w domach mieszkalnych"*. W odczycie swym prelegent poruszył te punkty urządzeń elektrycznych, które związane są z architekturą budynku, a więc przedewszystkiem sposób prowadzenia przewodników w rurkach ukrytych w tynku. Sposób ten jest droższy od zwykłego prowadzenia przewodników po ścianach na izolatorach porcelanowych, lecz dzisiaj powszechnie niemal przyjęty, jako nie szpecący ścian budynku. Rurki te należy zakładać w łączności z innemi robotami, np. sztukateryami, aby uniknąć później różnych trudności i przeróbek. Najnowszy sposób przeprowadzania przewodników elektrycznych stanowią rurki, a raczej powłoki, bezpośrednio do przewodników przylegające, prowadzone wprost po ścianie jako pewne linie, stanowiące poniekąd ozdobę architektoniczną. Sposób ten jednak, u nas jeszcze nie stosowany, jest kosztowny i dlatego nie nadaje się do zwykłych domów mieszkalnych i dochodowych. Wobec zwiększającego się zapotrzebowania oświetlenia elektrycznego, prelegent radzi we wszystkich domach nowowznoszonych wykonywać z góry pewne roboty przygotowawcze, któreby dały możność łatwiejszego urządzenia w przyszłości instalacyi elektrycznej. Koszt takich robót przygotowawczych jest stosunkowo nieznaczny i opłaca się, ze względu na mogące stąd w przyszłości wyniknąć korzyści. Pożądanem byłoby również w domach wykwintniejszych umieszczanie podwójnych liczników: 1) do oświetlenia, 2) do motorów, przyrządów ogrzewalnych i t. p., ze względu na niejednakową opłatę za zużycie prądu do celów powyższych. Co do projektów urządzeń elektrycznych, to — jak zaznaczył prelegent — panuje tu nadzwyczajna dowolność i brak ścisłych norm; różnice w kosztorysach mogą być bardzo znaczne, dlatego więc należałoby zawsze sporządzać projekt normalny i na zasadzie niego obliczać dopiero kosztorys. Na zakończenie prelegent powiedział słów parę o podnośnicach osobowych w domach mieszkalnych. Opisał dwa zasadnicze typy: 1) ze sterem linkowym, wymagający jazdy z przewodnikiem, 2) automatyczny, wprawiany w ruch zapomocą naciskania guzika elektrycznego, wreszcie zwrócił uwagę na należyte wymiary szybu, oraz wskazał części składowe podnośnicy i urządzenia dodatkowe, mające bezpieczeństwo na celu.—Ze spraw bieżących odczytano między innemi list Stowarzyszenia Architektów w Rydze, które przesłało Stowarzyszeniu Techników wydany własnym nakładem Album dzieł Sztuk Pięknych w prowincyach Nadbałtyckich. *T. Sz.*

Z Akademii Umiejętności. D. 20 grudnia 1907 r. odbyło się posiedzenie Komisyi do badania historyi sztuki w Polsce pod przewodnictwem prof. d-ra M. Sokołowskiego. Na wstępie przewodniczący poświęcił gorące wspomnienie zmarłemu d 28 listopada ś. p. Stanisławowi Wyspiańskiemu, który przez szereg lat był członkiem Komisyi i żywo interesował się jej pracami. Prof. dr. M. Sokołowski przedłożył fotografię ołtarza w Bodzentynie nadesłaną przez p. St. Zaborowskiego. Jest to śliczny ołtarz rzeźbiony z drzewa niewątpliwie przez tych samych włoskich artystów, którzy dekorowali „perłę renesansu“, kaplicę Zygmuntowską na Wawelu. W ołtarzu tym powtarzają się te same motywy i ornamenty, które zdobią wspomnianą kaplicę a wykonane są z tą samą precyzyą i starannością. Następnie prof. dr. M. Sokołowski przedłożył i objaśnił odlew gipsowy plakiety Caraglia, będącej własnością muzeum berlińskiego.

P. Franciszek Klein mówił *o barokowych kościołach Warszawy*. Szesnaście pomników architektury składa się na grupę barokowych kościołów Warszawy. Rozpada się ona na dwie mniejsze. *Pierwszą* tworzą budowle podłużne, w których można rozróżnić trzy typy. Jeden przedstawia nam typ budowli jednonawowej, z kaplicami po bokach, najwyraźniej występujący w kościele Wizytek, a mający bardzo wiele podobieństwa z planem rzymskiego kościoła Santi Apostoli. Do tego typu należą kościoły S. Marcina (Augustyanów), Ś. Ducha (Paulinów) i dwa pomniejsze Reformatów i Kapucynów. Drugi typ przedstawia nam w zasadzie budowlę jednonawową, która niema kaplic we właściwem tego słowa znaczeniu, t. j. przestrzeni tworzącej dla siebie zamkniętą całość, ale tylko płytkie arkadowe wgłębienia dla pomieszczenia bocznych ołtarzy. Tutaj należą kościoły Bernadynów i Karmelitanek na Lesznie a także do pewnego stopnia Pijarów. Plan tego typu budowli ma wiele pokrewieństwa z planem kościoła rzymskiego S. Domenico e Sisto, zbudowanego w 1630 r. W trzecim typie kościołów warszawskich widzimy zastosowany plan słynnego kościoła Il Gesu. Głównym reprezentantem tego typu jest kościół Ś. Józefa (Karmelitów), zbudowany w r. 1643 przez Bellotti'ego. Nie może on jednak równać się pod względem wartości artystycznej z rzymskim pierwowzorem. Pierwszą odmianę tego typu znajdujemy w kościele Ś. Franciszka i Ś. Krzyża, które mimo to — tu należą. *Drugą grupę* barokowych kościołów Warszawy tworzą budowle centralne. Składa się ona z trzech niewielkich kościołów, które jednak ze względu na ich wartość artystyczną powinny zająć pierwszorzędne miejsce w historyi baroka. Grupa ta rozpada się na dwa typy. Do pierwszego należy kościół Sakramentek i kościół w Czerniakowie. Podstawą planu jest krzyż równoramienny. Pierwszeństwo należy przyznać kościołowi P. P. Sakramentek. Tak w koncepcyi planu, jak i w jego wykonaniu jest on tworem pełnym wykwintu i elegancyi, jaką wniosła do Polski fundatorka, królowa Marysieńka. Pierwowzorów tych kościołów należy szukać znowu w Rzymie, mianowicie w kaplicach papieskich przy kościele S. M. Maggiore. Są to kaplice papieży Sykstusa i Pawła V. Drugi typ budowli centralnych streszcza się w kościele Kamedułów na Bielanach, pod Warszawą. Kościół ten jest przykładem baroka niemieckiego a w szczególności wiedeńskiego. Pierwowzorem jego są wiedeńskie kościoły Ś. Piotra i Ś. Karola Boromeusza.

Sekretarz Komisyi p. Julian Pagaczewski streścił komunikat p. M. Witanowskiego o obrazie Borzymowskiego, następnie podał wiadomość zaczerpniętą z archiwum kościelnickiego a dotyczącą działalności Baltazara Fontany w Polsce. Dotychczas sądzono, że Fontana przybył do Krakowa po raz pierwszy dopiero w 1695 r., t. j. w roku, w którym zaczęto dekorować stiukami kościół Ś. Anny; tymczasem umowa między Fontaną a Barbarą z Moskorzewa Morsztynową, starościną Kowalską, w sprawie przyozdobienia stiukami kaplicy Morsztynów w Wieliczce, dowodzi, że B. Fontana już w r. 1693 bawił przez jakiś czas w naszym kraju. Wreszcie p. J. Pagaczewski przedłożył fotografię obrazu bł. Kadłubka, który znajduje się w kaplicy przy kościele Ś. Wojciecha w Krakowie, przypisując obraz ten Szymonowi Czechowiczowi (1689—1775).

KONKURSY.

Wyrok w konkursie na rysunki budek do sprzedaży wody sodowej w Krakowie, który podaliśmy wraz z uwagami naszemi w № 1 r. b. (str. 20), drukuje „Architekt“ w zeszycie I r. b. z przypiskiem, skierowanym przeciwko naszym uwagom[1]). Niesłusznie jednak pozwolił „Architekt“ na łamach swojego pisma sprawę, przez nas zupełnie przedmiotowo poruszoną, sprowadzać na tory jakichś miejscowych krakowskich drobnych pytań osobistych, nam obcych, bo przecież to, czy „panowie z Wydziału Tow. Upiększ. Krakowa“ są „przewrotni“ czy nieprzewrotni, „gotowi przed niczem się nie cofać'', czy cofać się przed wszystkiem, niema nic wspólnego z treścią naszych uwag i jest wogóle dla nas obojętne. Nieobojętnem natomiast jest dla ogółu techników polskich, że zapowiedzianych trzech nagród pieniężnych nie wypłacono, pomimo liczby poważnej prac na konkurs nadesłanych, pomiędzy któremi były także, uznane przez sam sąd konkursowy za zasługujące na nagrodę i pomimo, iż w warunkach konkursu nie zastrzeżono prawa do ewentualnego niewypłacania nagród. Takiego rozstrzygnięcia konkursu nikt nieuprzedzony za prawidłowe uznać nie może.

Z tego niewłaściwego postępowania swojego stara się obecnie uniewinnić sąd konkursowy, twierdząc, że „w warunkach konkursu było zapowiedziane“, iż „tylko nadająca się do wykonania praca nagrodę otrzyma“; twierdzenie to jednak jest wprost niezgodne z prawdą, albowiem w warunkach konkursu takiego zastrzeżenia nie było, owszem z treści § 14 warunków tych wynikało bezpośrednio, iż mogą być nagradzane także prace, które nie będą użyte do wykonania[2]).

Niesłusznie również sąd konkursowy z powodu zarzutu naszego, iż „konkurs nie powinien być drogą do pozyskania bezpłatnego kilkudziesięciu prac“, wskazuje na małą wartość prac nadesłanych nie stanowiących żadnego użytecznego nabytku, bo gdyby konkurs ten, o kilkudziesięciu pracach, nie miał żadnego innego wyniku prócz tego ujemnego, że wyjaśniłby, iż pewne motywy lub pewne założenia i sposoby rozwiązania, nawet przy odpowiedniem uzdolnieniu projektujących, nie prowadzą do celu zamierzonego, już nie mógłby pozostać i nie pozostałby bez wpływu na dalszy rozwój i ostateczne rozwiązanie danej sprawy.

Nie dziwi nas, że Redakcya „Architekta“ wydrukowała na żądanie tę odpowiedź, lecz dziwi nas, że pomimo, iż sprawa prawidłowego rozwoju u nas konkursów leży jej równie jak nam na sercu, nie zaopatrzyła tej odpowiedzi w odpowiedni komentarz i nie wyjaśniła czytelnikom swoim, że ta nadesłana jej odpowiedź powołuje się na fakta jawnie sprzeczne z prawdą oraz jaka jest rzeczywista wartość rozumowań tej odpowiedzi.

W ostatnich latach niejednokrotnie zachodziły niewłaściwości przy rozstrzyganiu konkursów, zwłaszcza za kordonem; czas byłby więc, ażeby i tam zaczęto im energiczniej przeciwdziałać i ażeby architekci tamtejsi przyłączyli się do normalnych warunków konkursowych opracowanych przez Koło Architektów Warsz. lub obmyślili inne, może lepsze, bo, jakkolwiek i najdoskonalsze warunki konkursowe nie mogą usunąć wszelkich nadużyć, to jednak mogą niewątpliwie zapobiedz przynajmniej tak jaskrawym niewłaściwościom jak zapowiadanie na przynętę nagród pieniężnych, których się później nie wypłaca.

Komisya Redakcyjna działu „Architektura“.

[1]) Przypisek ten brzmi jak następuje:
„W styczniowym numerze „Przeglądu Technicznego“ znajdujemy powyższy komunikat opatrzony cierpkiemi uwagami z powodu, że żadna z prac nie otrzymała nagrody. „A nie przypuszczamy przecież—dodaje autor artykułu—żeby Wydział rzeczony mógł mniemać, że rozpisanie konkursu publicznego jest drogą do bezpłatnego pozyskania kilkudziesięciu prac“! O jakimże pozyskaniu mowa? Czyż który z tych projektów został lub zostanie zużytkowany przez Towarzystwo lub rozpisującego konkurs właściciela budek? Czyż rysunki nienagrodzone, więc nieużyteczne, nie są każdej chwili do odebrania? Prawda, że były wystawione na widok publiczny, ale to było wyraźnie w warunkach konkursu zapowiedziane, jak również to, że tylko nadająca się do wykonania praca nagrodę otrzyma. Więc cóż jest tem pozyskaniem? Czy otrzymanie i zaopiekowanie się 35 rulonami, wreszcie trud złączony z sądem i wystawą? Przewrotni ludzie z Wydziału T. U. K. dla tych przyjemności gotowi są przed niczem się nie cofnąć“.

[2]) § 14 warunków tego konkursu głosił: „Projekty nagrodzone stają się tylko o tyle własnością gminy m. Krakowa, *o ile użyte będą do wykonania*“.

Wydawca **Maurycy Wortman.** Redaktor odp. **Jakób Heilpern.**
Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Włodzimierska № 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników).