

TREŚĆ: Odezwa Wydziału Głównego do Członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego. — Dr. T. Malarski: W stulecie urodzin James'a Clerka Maxwella. — Inż. Dr. W. Aulich: O zależności kształtu maszyny od jej wielkości. (Dokończenie). — Inż. Gr. Daniłow: Słupy żelbetowe. — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki. — Kongresy i Zjazdy. — Rezolucja XIV Zjazdu Delegatów Polskich Zrzeszeń Technicznych. — Zebrania i odczyty w Tow.

Odezwa Wydziału Głównego do Członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego.

Zjazd Delegatów Polskich Zrzeszeń Technicznych, który się odbył w Warszawie w dniach 10. i 11. kwietnia b. r. powziął jednomyślną uchwałę, wzywającą wszystkich członków zrzeszonych Towarzystw do opodatkowania się w celu stworzenia funduszu zapomogowego dla członków, pozbawionych pracy.

W myśl tej uchwały Wydział Główny Polskiego Towarzystwa Politechnicznego postanowił na posiedzeniu dnia 18. kwietnia br. zwrócić się do wszystkich Członków Towarzystwa z wezwaniem deklarowania wysokości składek miesięcznych, jakie obowiązują się wpłacać na powyższy cel.

Pomoc doraźna dla kolegów, którzy utracili posadę i są narażeni na niedostatek, jest obowiązkiem każdego członka Towarzystwa, znajdującego się w szczęśliwym położeniu zarobkowego zajęcia i zapewnionego utrzymania swej rodziny. Jakkolwiek położenie kolegów, którzy są w tem szczęśliwym położeniu, nie jest w obecnych czasach redukcji płac pomyślnie, to jednak musimy stosować zasadę, że kto rozporządza stałym, choćby skromnym dochodem powinien się nim podzielić z tym, który jest zupełnie pozbawiony środków do życia.

Wydział Główny żywi niepełną nadzieję, że niniejsze wezwanie spotka się ze zgodną, przychylną opinią wszystkich członków i że każdy członek zadeklaruje miesięczną składkę, stosownie do swej możliwości. Deklaracje obowiązują do końca roku 1932.

Środki zebrane w ten sposób będą stanowiły fundusz zapomogowy, z którego Wydział Główny będzie udzielał jednorazowych zasiłków bezrobotnym Członkom Towarzystwa. Zasiłki będą udzielane we formie pożyczki, zwrotnej w sześć miesięcy po uzyskaniu posady przez członka, korzystającego z zasiłku.

Dla deklarowania składek należy się posługiwać kartą korespondencyjną, którą się dołącza. Składki należy przekazywać przez P. K. O. na konto Nr. 141.366 „Fundusz zapomogowy“.

WYDZIAŁ GŁÓWNY P. T. P.

Dr. Tadeusz Malarski
Profesor Politechniki Lwowskiej.

W stulecie urodzin James'a Clerka Maxwella.

(Odczyt wygłoszony przed mikrofonem Polskiego Radja w dniu 24 listopada 1931 r., będący streszczeniem odczytu wygłoszonego na uroczystym posiedzeniu połączonych Towarzystw: Polskiego Tow. Fizycznego, Polskiego Tow. Politechnicznego i Polskiego Tow. im. Kopernika we Lwowie w dniu 19 listopada 1931 r.).

Z pośród świetnych nazwisk fundatorów naszej nowoczesnej nauki elektryczności i magnetyzmu, jak Cavendish, Coulomb, Ampère, Gauss, Weber, Ohm, Helmholtz, Kirchhoff wybijają się na pierwszy plan nazwiska trzech fizyków angielskich: Michała Faradaya, Williama Thomsona podniesionego za zasługi na polu nauki i techniki do godności Lorda Kelwina, oraz James'a Clerka Maxwella. O ostatnim z tej wspaniałej trójcy, o genialnym fizyku teoretycznym, zwanym duchowym twórcą radjotechniki, mam dziś mówić, mówić ku uczczeniu jego zasług naukowych w stulecie urodzin.

James Clerk Maxwell, potomek starej rodziny szlacheckiej ziemian szkockich, urodził się w Edynburgu dnia 13 czerwca 1831 roku, roku pamiętnym z odkrycia przez jego rodaka Michała Faradaya t. zw. *prądów indukcyjnych*. Dzieciństwo spędził Maxwell w domu rodzicielskim, w wiejskiej siedzibie, w atmosferze wielkiej kultury. W wieku lat 10 oddany do szkół w Edynburgu, kończy następnie w tem mieście uniwersytet, poczem zapisuje się do sławnego uniwersytetu w Cambridge.

Już jako uczeń zdradza specjalne zainteresowanie do rysunków, konstrukcji geometrycznych i mechaniki, a nadto zajmuje się żywo literaturą. Mając zaledwie

lat 14 obmyśla metodę mechanicznego kreślenia owali, czem zwraca na siebie uwagę profesora Forbesa. Forbes, matematyk i fizyk, stwierdziwszy, że krzywe kreślone przez młodocianego James'a odpowiadają pewnej klasie owali Descartes'a i że jego sposób kreślenia ich jest nowością przedstawia pracę tę Królewskiemu Towarzystwu Nauk w Edynburgu. Praca ta zostaje potem wydrukowana w Proceedings tego towarzystwa i znajdujemy ją jako pierwszą w dwutomowym dziele zbiorowym prac naukowych Maxwella.

W uniwersytecie w Edynburgu słucha Maxwell ze specjalnem zainteresowaniem wykładów matematyki, fizyki, astronomji, chemji i filozofji, z których jego spekulatywny umysł pociąga w tym czasie zwłaszcza ostatnia. Forbes, profesor tego uniwersytetu, opiekuje się jednak swym pupilem i darzy go specjalnemi względami. Pozwala mu mianowicie pracować swemi precyzyjnymi przyrządami. Wpływa to decydująco na dalszy kierunek studjów i prac Maxwella.

Wstępując do uniwersytetu w Cambridge, ma już Maxwell za sobą — poza pracą wyżej wymienioną — opublikowane: *matematyczną teorię rulet, teorię równowagi sprężystych ciał stałych*, a nadto zajmował się studjowaniem *praw światła spolaryzowanego*, do czego

sporządził sobie sam *polaryskop*. Przedstawia więc typ 19-letniego młodzieńca, doskonale przygotowanego do dalszych studjów, młodzieńca o bardzo szerokich horyzontach myślowych, wyrobionych poza specjalnymi studjami w dziedzinach matematyki, mechaniki, geometrii, fizyki i astronomji, jeszcze przez studja filozoficzne i literackie, próbujący nawet swych sił jako literat i poeta.

W Cambridge, dokąd przychodzi ze zdecydowanym już — mimo jak widzimy swych najróżnorodniejszych zainteresowań — kierunkiem pracy, słucha pilnie wykładów, ale poza nimi pochłonięty jest studjami wykraczającymi daleko poza kursa uniwersyteckie. Studjuje „*Experimental Researches*” sławnego już wówczas Michała Faraday'a, rozczytuje się w rozprawach Williama Thomsona. W roku 1854 kończy uniwersytet w Cambridge, po trzechletnim w nim pobycie, uzyskując stopnie naukowe i prawa nauczania. Potem wykłada fizykę i astronomję w jednej ze szkół (college) w Cambridge, gdzie pozostaje do roku 1856.

Z tych czasów pochodzą jego prace: „*O pewnym szczególnym przypadku ciała ciężkiego w medjum stawiającem opór*”, „*O transformacji powierzchni przy zginaniu*”, „*Opis nowej formy planimetru, przyrządu służącego do pomiarów powierzchni figur płaskich narysowanych na papierze*”, do której dały mu impuls planimetru, J. Amslera z Szafuzy wystawione na wielkiej międzynarodowej wystawie w Londynie w r. 1851. Píše dalej pracę p. t. „*O linjach siły Faraday'a*” oraz wielką pracę konkursową p. t. „*O ruchu stałości Saturna*”. W ostatniej z tych prac, za którą otrzymał od uniwersytetu w Cambridge nagrodę Adama za rok 1858, przeprowadza drogą rozważań fizyko-matematycznych dowód, że pierścienie formy Saturna nie mogą być jednorodne, ale — jak powiada — według wszelkiego prawdopodobieństwa, składają się one z mnóstwa odrębnych ciał, krążących gromadnie koło planety. Rozprawa ta, w którą włożył Maxwell ogromną ilość pracy, dała mu poza nagrodą wielkie uznanie i podziw ówczesnych uczonych. Sir George Airy, astronom, wyraził się o tej pracy, że jest to jedno z najbardziej podziw budzących zastosowań matematyki do fizyki.

Oto, w najkrótszych słowach, plon naukowej działalności dwudziestopięcioletniego Maxwella. Już też w roku 1856 widzimy go na katedrze fizyki i astronomji w Marischal College w Aberdeen, a w roku 1860 na katedrze w King's College w Londynie, w których to czasach podejmuje działalność naukową, na olbrzymią skalę. W roku 1865 pochłonięty pracami naukowymi i przeciążony niemi oraz obowiązkami profesorskimi, postanawia rezygnację z katedry i wycofuje się do swej wielkiej posiadłości. Wkrótce potem przechodzi ciężką chorobę. Zaraz jednak po powrocie do zdrowia kontynuuje swe prace naukowe w swej wiejskiej posiadłości w Glenlair, skąd od czasu do czasu wyjeżdża do Londynu na posiedzenia naukowe i do Cambridge, gdzie bierze udział w komisjach egzaminacyjnych w uniwersytecie. W roku 1867 odbywa podróż do Włoch.



W roku 1871 powraca znowu Maxwell na katedrę uniwersytecką. Obejmuje mianowicie zaprowaną mu katedrę w uniwersytecie w Cambridge, którą utworzono dla kultywowania nauki o cieple, elektryczności i magnetyźmie i postanowiono budowę nowego laboratorium dla prac doświadczalnych i pomiarowych. Objąwszy tę katedrę i rozpoczynając wykłady w październiku 1871 roku, zajmuje się budową nowego laboratorium. Jest czynny osobiście przy projektowaniu urządzeń wewnętrznych tego laboratorium. Zajmuje się też sam sprowadzaniem przyrządów, które poleca budować z ulepszeniami przez siebie zaprojektowanymi. Po oddaniu w roku 1874 nowego laboratorium — które otrzymało na cześć wielkiego fizyka angielskiego nazwę Cavendish Laboratory — do użytku uniwersytetu, rozwija w niem Maxwell bardzo gorliwą działalność pedagogiczną, kierując osobiście pracami wychowanków. Odbywa z nimi długie konferencje, podczas których udziela im ze swych olbrzymich zasobów wiedzy niezwykle cenne wskazówki. Píše nadto rozprawy naukowe, spisuje swe prace w formie podręczników, wygłasza odczyty publiczne i wykłady popularne, ogłasza szeregi artykułów popularno-naukowych, z których widzimy, jakim świetnym popularizatorem był ten genialny fizyk matematyczny, dziś ciągle jeszcze uważany za nader nieprzystępnego. Bierze też udział w organizowaniu nauczania i pisze artykuły o metodyce nauczania fizyki. Wydaje wreszcie nieogłoszone „*Electrical Researches*” Henryka Cavendisha, przez co podnosi reputację tego wielkiego fizyka, który, jak to wynikało z manuskryptów pozostałych po nim, wykonał wiele prac doświadczalnych i odkryć naukowych już w latach od 1771 do 1781, o których, do czasu opublikowania ich przez Maxwella w roku 1879, nikt nie wiedział. Ostatni to już jednak był rok pracy Maxwella dla nauki, której poświęcił ofiarnie całe swe krótkie życie. Zmarł 5 listopada 1879 r. w wieku lat 49.

Po tych najkrótszych słowach z życiorysu, charakteryzujących jego postać oraz początkową działalność naukową, jego działalność publicystyczną, nauczycielską i organizatorską, pragnę, znowu w niewielu słowach omówić najważniejsze jego prace naukowe z okresu od roku 1856 do śmierci. Teraz nie będę ich już jednak omawiał w kolejności, jak się ukazywały, jak to usiłowałem czynić przedtem, z tym celem, by wskazać na szybkość postępów młodzieńca, ale omówię je idąc dziedzinami, w których najwięcej dokonał. Czynię to zaś z dwu powodów, po pierwsze z tego powodu, że nie podobna w tym krótkim referacie omówić wszystkich jego publikacji, a powtóre dlatego, że da to lepszy pogląd na wartość tych prac dla nauki.

Otóż, pierwszą dziedziną, w której Maxwell wiele pracował i to nie tylko teoretycznie, ale i doświadczalnie to dziedzina optyki. W pierwszych mianowicie latach swego pobytu na katedrze w Aberdeen, zajmują bardzo czasu żmudne badania doświadczalne nad zagadnieniami, które należą raczej do fizjologii wrażeń wzrokowych, niż do fizyki. Jak żywo zajmował się Maxwell temi zagadnieniami i ile czasu

jej poświęcił, wskazuje na to ten fakt, że w zbiorowym dziele jego prac znajdujemy 11 publikacji z tej dziedziny.

Chodziło mu w tych badaniach o to, by w myśl teorii Tomasza Younga z roku 1807 znaleźć *trzy zasadnicze barwy (standardowe jak je nazywa)*, z których możnaby, przez odpowiednie ich ustosunkowanie złożyć każdą żadaną barwę. Sprawą tą zajmowali się przed nim, oprócz Younga, Brewster, Helmholtz i Grassmann. Rezultaty otrzymane przez tych badaczy nie wystarczają mu, a nie wystarczają mu też badania Helmholtza nad składaniem różnych barw widma. Mimo, że wyraża się w słowach pełnych uznania dla doświadczeń Helmholtza, przeprowadza swoje własne badania, do których buduje specjalny, bardzo pomysłowy przyrząd. Posługując się tym przyrządem ustala, że poszukiwanymi barwami standardowymi są: *czerwona, zielona* (bliska linii *E*) i *niebieska* (bliska linii *G*), który to rezultat otrzymał w doświadczeniach z widmem pryzmatycznym. Doświadczenia wykonywane z farbami, nie dawały możliwości sprecyzowania, utóre barwy należy przyjąć za standardowe. Maxwell podnosi, że jego przyrząd pozwolił mu z taką dokładnością dokonywać obserwacji nad barwami, że mógł ustawiać równania kolorów i kreślić ich diagramy. Sposób zaś postępowania okazał się tak zadowolający, że posługując się równaniami, można było dla zabarwionych papierów otrzymać żadaną barwę tak dobrą, że oko oceniało ją jako zadowalającą.

Te wspaniałe pomysły i przeprowadzane doświadczenia, które demonstrował on podczas wykładu w Królewskim Instytucie, 17 maja 1860 roku, wzbudziły zachwyt powszechny. Dodać należy, że podczas tego wykładu demonstrował też Maxwell po raz pierwszy *fotografię barwną*, przez złożenie fotografii tego samego przedmiotu w trzech różnych barwach.

Poświęciłem tym pracom Maxwella z umysłu trochę więcej czasu, gdyż te tak interesujące jego badania doświadczone bywają rzadko przytaczane w podręcznikach, a były bardzo wysoko cenione przez współczesnych mu uczonych. Najlepszym tego dowodem jest fakt, że Royal Society obdarzyło go za nie medalem Rumforda w roku 1860.

W czasie pobytu w Aberdeen zajmuje się też Maxwell *optyką geometryczną* i publikuje prace: „*O elementarnej teorii przyrządów optycznych*” i „*O ogólnych prawach przyrządów optycznych*”. Gdy czyta się te rozprawy jest się wprost oszołomionym prostotą i jasnością ujęcia rzeczy. Jego założenia, definicje, rozumowania, są wprost porywające. Mimo woli nasuwa się na myśl porównanie tych jego ujęć i przedstawień rzeczy z temi, które znajduje się w całym szeregu podręczników tak teoretycznych jak i elementarnych i nie można się oprzeć zdziwieniu, że rzeczy tak proste, tak jasne, mogli ludzie uczynić tak poplątanymi, tak nieprzystępnymi, zwłaszcza w podręcznikach, które pisano dla tych, którzy dopiero zaczynają się uczyć fizyki.

Dalszą dziedziną, dziedziną, w którą włożył Maxwell olbrzymią ilość pracy i dziedziną, w której stworzył największe dzieło swego życia, to dziedzina prac nad *elektrycznością i magnetyzmem*. W pracach tych uważa on siebie za kontynuatora prac genialnego eksperymentatora i myśliciela Michała Faradaya. Mówiąc też o tych pracach Maxwella, nie podobna nie powiedzieć bodaj paru słów o Faraday'u.

Otóż, Faraday pracując doświadczalnie bardzo wiele i przez wiele lat nad różnymi zjawiskami z dziedziny elektryczności, magnetyzmu i elektromagnetyzmu i dokonując wielu odkryć w tej dziedzinie, postanowił uporządkować panujący podówczas chaos i stworzyć

jakiś jednolity system naukowy, system łączący te zjawiska w jedną organicznie powiązaną całość. Uważając panującą podówczas teorię działań elektrycznych i magnetycznych na odległość bez pośrednictwa jakiegoś ośrodka za absurd, stworzył sobie Farada y koncepcję pewnego ośrodka przenoszącego te działania. Przyjmuwał dalej, że podczas działań na siebie ciał naelektryzowanych i biegunów magnetycznych, podczas przepływu prądów elektrycznych przez przewodniki, podczas wytwarzania prądów indukcyjnych, znajduje się ten ośrodek w stanie pewnego napięcia. Jako zewnętrzny objaw istnienia tego stanu napięcia uważał Farada y owe regularne linje, według których układają się drobne opilki żelazne koło biegunów magnesów.

Maxwell rozczytując się w „*Experimental Researches*” Faradaya, obeznany jeszcze od czasów swych młodocianych prac z własnościami ciał sprężystych, zostaje odrazu pociągnięty tym sposobem objaśniania zjawisk. Gdy nadto dowiedział się z rozpraw Williama Thomsona, że koncepcje Faradaya nadają się do matematycznego ujęcia, postanawia opracować matematyczną teorię zjawisk elektrycznych, magnetycznych i elektromagnetycznych. Miała to być teoria zupełnie nowa, oparta na zupełnie nowej koncepcji w porównaniu z dawnymi matematycznymi teorjami Poissona, Ampèra, Webera i C. Neumanna.

Gigantycznego dzieła podjął się Maxwell. Pracuje też nad niem przez wiele lat. Dopina jednak celu, stwarza olbrzymią budowlę naukową, która przynosi mu nieśmiertelną sławę. Pierwsze ogniwo tej budowli stanowi wymieniona już poprzednio praca „*O linjach siły Faradaya*” przedstawiona Cambridge Philosophical Society w grudniu 1855 roku i w lutym 1856 roku. Następną jego pracą z tej dziedziny to praca „*O fizycznych linjach siły*”, która ogłoszona została w pierwszych dwu częściach w marcu i w maju 1861 roku, a w drugich dwu w styczniu i w lutym 1862 roku w Philosophical Magazine. Gdy czyta się te dwie prace, jest człowiek najprzód olśniony ujęciem przez Maxwella materiału naukowego, który zebrał Faraday przez swe doświadczenia i rozumowania, interpretowaniem tego materiału przez Maxwella, oraz fundowaniem przez niego podstaw pod matematyczną teorię zjawisk elektryczności i magnetyzmu. Trzeba było istotnie geniuszu Maxwella, by potworzyć te różne koncepcje, które on tam rozwija i stworzył je tak, by w swej mnogości dały się powiązać w pewien logicznie zbudowany, nader misterny system naukowy, system nadający się nadto do ujęcia tego wszystkiego we wzory i związki matematyczne, które pozwoliły mu następnie wyprowadzić z tej teorii prawa zdobyte na drodze doświadczałnej.

Nie miejsce tu na to, by zajmować się szerszem omówieniem tych dwu wymienionych powyżej prac Maxwella. Tyle jednak pragnę powiedzieć, że każdy kto chce się gruntownie zapoznać z narodzinami naszej dzisiejszej nauki o elektryczności, magnetyzmie, elektromagnetyzmie i zjawiskach światła, powinien obok prac Faradaya poznać i te dwie prace Maxwella.

Podczas gdy w dwu poprzednich pracach Maxwell buduje teorię sondując i badając rzeczy ze wszystkich stron, w trzeciej pracy z 8 grudnia 1864 roku noszącej tytuł „*O dynamicznej teorii pola elektromagnetycznego*” występuje już z gotową teorią. Niezwykle piękny jest wstęp do tej pracy, w którym podaje exposé ugruntowanych już zasad i przyjęć, na których buduje wzory matematyczne i rozwija teorie zjawisk. We wstępie tym mówi co rozumie przez pole elektromagnetyczne, mówi tam o owej *aetherial substance*, która ma wypełniać przestrzeń i przenikać ciała i posiadać takie własności, że może być wprawiona w ruch i może

przenosić ten ruch z jednych swych cząstek na drugie. Jest tam dalej mowa o powstawaniu siły elektromotorycznej w ciałach poruszanych w polu elektromagnetycznym i o wywoływanych przez nią skutkach w różnych przypadkach, jest mowa o polaryzacji dielektryków i o prądach przesunięcia itd. Słowem poruszane tu są te wszystkie pojęcia, które są dziś dobrze znane każdemu, kto nawet bardzo powierzchownie zetknął się z optyką i z teoretyczną stroną radjotechniki.

W pracy tej znajduje się też przepowiednia istnienia *fal elektromagnetycznych*. Mają to być według obliczeń Maxwella t. zw. fale poprzeczne. Chyżość ich rozchodzenia się ma zależeć od natury ośrodka. Obliczając zaś chyżość rozchodzenia się tych fal w powietrzu, na podstawie dat doświadczalnych, które miał wówczas do dyspozycji, znajduje, że wynosi ona 310,740.000 metrów na sekundę. Opierając się na tym rezultacie, powiada Maxwell, że wartość ta jest tak bliska chyżości światła, że mamy podstawę do konkluzji, iż samo światło (wraz z promieniującym ciepłem i innymi promieniowaniami) jest zakłóceniem elektromagnetycznym, rozchodzącym się pod postacią fal przez pole elektromagnetyczne.

Chyżość rozchodzenia się zakłóceń elektromagnetycznych wypada mu jako wielkość zależna od natury nieprzewodzącego medjum, w którym się te zakłócenia rozchodzą. Porównując tę chyżość z chyżością rozchodzenia się zakłóceń elektromagnetycznych w powietrzu, wyprowadza wniosek, że fale elektromagnetyczne przechodząc z powietrza (albo lepiej z próżni) do jakiegoś ośrodka nieprzewodzącego, muszą się załamywać na wzór światła. Obliczywszy zaś współczynnik załamania fali elektromagnetycznej znajduje, że jego wartość liczbowa musi być równa pierwiastkowi drugiego stopnia z tak zwanej stałej dielektrycznej ośrodka.

Oto w najkrótszych słowach szkic, poglądowy rzut oka na to co zawiera praca Maxwella „*O dynamicznej teorii pola elektromagnetycznego*“ w sprawach najbardziej interesujących tych, którzy interesują się i zajmują nowoczesną radjotechniką. Treścią jej jest jednak realizacja zamierzenia podjętego przez Faradaya: złączenie jaknajwiększej liczby zjawisk elektrycznych, magnetycznych, elektromagnetycznych i świetlnych w jeden logiczny system naukowy. Faraday dał jednak pomysł tylko, pomysł głęboki i przenikliwy popierany przez dokonane przez niego doświadczenia. Maxwell dokonał tego, czego nie mógł dokonać Faraday, nie posiadający wiedzy matematycznej. Wypracował ten system w sposób ścisły, ujmując wszystko w formuły matematyczne i wyciągnął z teorii nieoczekiwane przez nikogo wnioski. Ostateczną formą tego systemu, nad którym Maxwell wiele jeszcze lat pracował po ogłoszeniu ostatniej wymienionej pracy, jest wiekopomne dwutomowe dzieło noszące tytuł: „*Traktat o elektryczności i magnetyźmie*“ ogłoszone w roku 1873.

Przepowiednie Maxwella dotyczące fal elektromagnetycznych przyjęte zostały przez wielu współczesnych mu uczonych z niedowierzaniem, uważano je jako fantazje teoretyka. Znaleźli się jednak i tacy, którzy zajęli się poszukiwaniami naukowymi nad sprawdzeniem wniosków płynących z teorii Maxwella. Jednym z tych poszukiwaczy naukowych, który pracował nad temi zagadnieniami ze szczególną bystrością i powodzeniem był Henryk Rudolf Hertz. W trakcie tych to właśnie badań zrealizował on swój *wibrator*, pierwszą stację radjotechniczną nadawczą i swój genialnie prosty *resonator*, pierwszy przyrząd do wykrywania fal elektromagnetycznych w pewnej odległości od nadajnika. Po doświadczeniach Hertza, które potwierdziły przepowiednie Maxwella, posypały się dalsze badania naukowe z tej dziedziny, a teoria

Maxwella zyskała niebywały rozgłos i uznanie. Z tych to badań naukowych zrodziła się nasza dzisiejsza radjotechnika i stąd tytuł do nazwania Maxwella *duchowym twórcą radjotechniki*. Wiele jednak jeszcze pracy i pomysłowości musiano włożyć w wypracowanie tego co dziś posiadamy. Marconi był jednym z pierwszych, który z niezwykłym powodzeniem zastosował te zdobycze naukowe do celów praktycznych. Temu nadzwyczaj zasłużonemu mężowi, niestrudzonemu pracownikowi i organizatorowi zawdzięcza radjotechnika bardzo wiele, ale poza nim i jego współpracownikami wiele jeszcze świetnych nazwisk pracowników czysto naukowych i techników przyczyniło się do dzisiejszych postępów tej umiejędności technicznej.

Prace powyżej wymienione nie wyczerpują jednak bynajmniej zainteresowań Maxwella. Jedną z dziedzin w której znowu bardzo wiele pracuje jest *teoria kinetyczna gazów*, którą on właśnie obok sławnego fizyka niemieckiego Clausiusa świetnie rozwija. On pierwszy wprowadza do tego działu nauki metodę statystycznego traktowania zjawisk fizycznych, którą następnie doprowadzi po nim do stopnia wysokiej doskonałości fizyk wiedeński Ludwik Boltzmann i następnie rozwinięci inni wespół których zabłyśnie w literaturze fizycznej świata imię rodaka naszego Marjana Smoluchowskiego. Przez swe prace w dziedzinie teorii kinetycznej gazów daje Maxwell nauce swe sławne prawo rozkładu chyżości cząstek w gazie, wygłasza pierwszy twierdzenie, że każda molekula gazu wielka czy mała musi przy tej samej temperaturze posiadać przeciętnie tę samą energję kinetyczną i dochodzi na podstawie rozważań czysto teoretycznych do twierdzenia, że w jednostce objętości gazu, przy tej samej temperaturze i ciśnieniu musi każdy gaz zawierać tę samą liczbę molekuł. Poprawia dalej i uzupełnia badania poprzedników, rozwija teorię kinetyczną zjawisk dyfuzji i przewodnictwa cieplnego, objaśnia tarcie wewnętrzne gazów jako działanie pochodzące od przenikania cząstek ruchomej warstwy gazu do warstwy spoczywającej i wykonuje pomiary współczynnika tarcia wewnętrznego gazów do czego buduje przyrząd swego pomysłu. Te badania doświadczalne podjęte dla stwierdzenia wniosku płynącego z rozwiniętej przez niego teorii o niezależności tarcia wewnętrznego gazu od jego ciśnienia potwierdzają mu ten dziwny wniosek. Ale to nie wszystko, z rezultatów tych badań doświadczalnych wyciąga wniosek co do prawa dotyczącego siły z jaką działają na siebie cząstki gazu przy zbliżeniu się do siebie (t. z. prawo odwrotnej piątej potęgi) itd.

I tu zatem funduje, rozszerza naukę dając jej niezwykle cenne zdobycze, z których skorzystają niejednokrotnie jego następcy. Staną się one fundamentem *fizyki molekularnej*, wejdą do t. zw. *teorii elektronowej* i tu jeszcze raz skorzysta z nich praktyczna radjotechnika. Na jego bowiem teorii zbuduje O. W. Richardson *teorię emisji elektronów przez żarzące się ciała*, a Irving Langmuir sprawdzając tę teorię, wypracuje wraz ze swymi współpracownikami *pierwszą lampę katodową nadającą się do użytku praktycznego*. Jakże wyglądałaby dziś radjotechnika bez lampy katodowej?

Ale i na teorii kinetycznej nie kończą się zainteresowania Maxwella i jego prace. Pisze pozatem wiele rozpraw z *dynamiki*, *hydromechaniki* i *czystej matematyki*. Opracowuje *teorię belek kratowych*, z której skorzysta później niejednokrotnie świat inżynierski. Zagadnieniu temu i pokrewnym poświęca cały szereg rozpraw, a jak cenne były i te rozprawy świadczy o tem fakt, że dostaje za nie nagrodę Keitha. Pisze nadto cały szereg artykułów popularno-naukowych z fizyki molekularnej, które przez swą jasność, przez przytaczane w nich przykłady i przez głębię zawartych

w nich myśli są wprost porywające. Pisze dwa entuzjastyczne szkice biograficzne o Michale Faraday'u, szkic biograficzny Helmholtza, pisze referaty o pracach naukowych wykonanych przez innych jak np. o badaniach Loschmidta nad *dyfuzją* i ich znaczeniu dla teorii kinetycznej, o badaniach Van der Waalsa nad ciągłością stanów gazowych i ciekłych, o prawie Ohma itd. Interesuje go każda nowość, każde spostrzeżenie doświadczalne, każdy nowy aparat. Nie szczędzi czasu na wygłaszanie wykładów na tematy aktualne mówi np. o nowo wynalezionym *telefonie* Grahama Bella i demonstruje ten przyrząd, pisze swe uwagi dotyczące naukowych przyrządów mierniczych itd.

Czyż podobna tu w krótkim odczycie wyliczyć to wszystko i omówić, czem się ten człowiek interesował, czego nie badał, nad czem się nie zastanawiał?

Z którejkolwiek strony popatrzymy na tę gigantyczną postać, widzimy go zawsze potężnym, głębokim i nad wyraz przenikliwym. Był człowiekiem niezwykłych zdolności, człowiekiem o olbrzymich horyzontach myślowych i przy tem wszystkim pracownikiem niestrudzonego. To wszystko razem złożyło się na to, że przez swe prace wznosił się na takie wyżyny i tak się zasłużył nauce, że świat uczonych uznał go za jednego z największych genjuszów przyrodniczych XIX stulecia.

Inż. Dr. Witold Aulich.

O zależności kształtu maszyny od jej wielkości.

(Studiuj morfonomiczne).

(Dokończenie).

4. Wyniki.

Pracę niniejszą podjęto w zamiarze wyjaśnienia przyczyn, dla których maszyny różnej wielkości nie mogą być utworami geometrycznie podobnymi, nawet jeżeli istnieje między niemi doskonałe podobieństwo fizykalne, oraz uzyskanie stąd ogólnych, zadowalająco sformułowanych i uzasadnionych wskazówek lub reguł dla konstrukcji.

Cel ten został osiągnięty. W ciągu analizowania zagadnienia doszliśmy do wniosków, dzięki którym treść znanej dotychczas tylko empirycznie reguły konstrukcyjnej została potwierdzona i uzasadniona, a zjawisko stanowiące jej podłoże wyjaśnione. Sama reguła, która w głównym zarysie została już powyżej wypowiedziana, otrzymała wysłowienie pozytywnej wskazówki. Obecnie możemy tę regułę, rozszerzoną szczegółowymi wskazówkami i dodatkowymi uwagami, wypowiedzieć obszerniej jak następuje:

Materiał zawarty w maszynie składa się z dwóch części, jednej koniecznej, nienaruszalnej, którą możemy nazwać czynną, oraz drugiej biernej, dla działania i wytrzymałości maszyny obojętnej. Biorąc za pierwowzór typu maszynę skonstruowaną doskonale oszczędnie, możemy, budując maszyny od niej mniejsze, osiągnąć korzyść przez obfitsze szafowanie materiałem biernym, dając oszczędności na wytworzeniu powierzchni; na odwrót, maszyny od niej większe wypadną taniej, jeśli będziemy się starali oszczędzać na materiale biernym, mimo, iż pociągnie to za sobą pewne zwiększenie powierzchni. Tam, gdzie w maszynie występują liczne elementy równorzędne, jako to: większa ilość jednakich śrub, łopatek, żeberek i t. p., możemy zaoszczędzić na kosztach wykonania, jeśli w maszynach małych ilość tych równorzędnych elementów ograniczymy, zwiększając odpowiednio ich względne wymiary. Naodwrót, w wykonaniach dużych powinno się ilość ich zwiększać, kosztem zmniejszonych wymiarów.

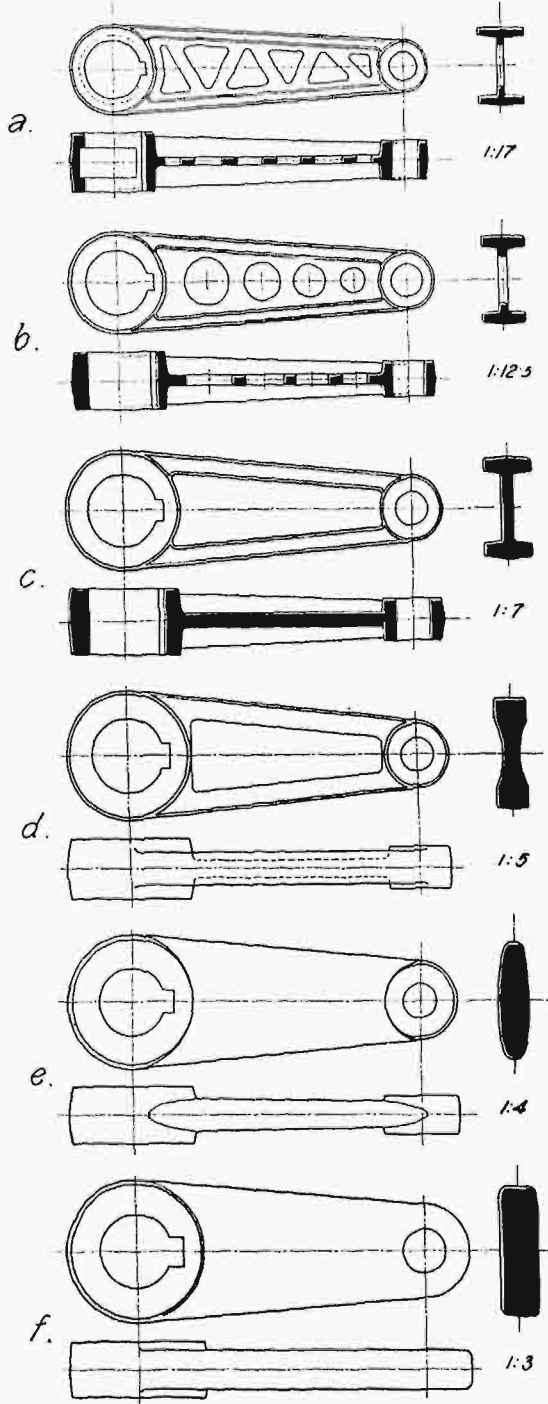
Wynikiem stosowania tej reguły — obejmującym również wpływy współdziałających tu ograniczeń materiałnych — są zasadnicze cechy odróżniające maszynę wielką od małej, tak iż gdybyśmy przez nakreślenie w różnych podziałkach sprowadzili je rysunkowo do jednej wielkości, możnaby natychmiast orzec, nietylko która z nich jest w rzeczywistości większa, ale nawet — w przybliżeniu — ilokrotnie większa od drugiej. Co więcej, przy odpowiedniej wprawie możnaby z grubsza ocenić bezwzględną wielkość tych maszyn. Im większą jest bowiem maszyna, tem bardziej są jej kształty wyrobione, wyraźne i rozgałęzione; tem wyraźniejsza jest zależność jej kształtów zewnętrznych od szczegółów wewnętrznych;

tem stosunkowo większa jest ilość jej części składowych, gdyż nadające się do tego szczegóły są wyodrębnione i do całości maszyny tylko przyłączone; tem więcej są stosowane odlewy łączone z oddzielnymi sekcjami; tem bardziej w końcu zaznacza się w konstrukcji dążność do lekkości i oszczędności materiału, przez unikanie przekrojów pełnych i skupień materiału, a stosowanie natomiast żeberk, wyjęć materiału, kształtów ramowych i kratowych. Wprost odwrotne są cechy maszyn małych. Im mniejsza maszyna, tem bardziej zwarta, zwięzła i zamknięta w sobie jest jej konstrukcja; tem mniej wyraźne i tem więcej zlewające się z całością są jej zewnętrzne szczegóły; tem mniej jest widoczny związek jej kształtów zewnętrznych ze szczegółami wewnętrznymi; tem mniejsza jest ilość części składowych, gdyż wiele szczegółów łączy się integralnie z całością maszyny, tem więcej zaznacza się dążność do oszczędzania na obróbce przez stosowanie przekrojów zamkniętych lub nawet pełnych.

Rysunki 6 do 9 podają kilka przykładów dla ilustracji tej reguły, zestawiając wykonania małe i wielkie rozmaitych części maszyn wzgl. szczegółów konstrukcji, sprowadzone rysunkowo — przez użycie różnych podziałek — do jednej wielkości. W przykładach tych, z rozmysłu nie przedstawiono wypadków zupełnego podobieństwa mechanicznego, ponieważ chodzi o wykazanie, że omawiane zjawisko występuje charakterystycznie nawet tam, gdzie warunki odbiegają od wyidealizowanych przyjętych rozważania. Przejrzenie tych przykładów może nasunąć myśl, że nasze rozważanie nie wyczerpało tematu całkowicie; że odgałęziają się od niego tematy pochodne, z których przestudjowania mogą wynikać uzupełnienia podanej reguły. Tak jest w rzeczywistości, jednak nie chcąc ogłoszenia tej pracy dłużej odkładać, na tem razie narazie przerywam.

Warunki, w których temat niniejszych rozważań mógł się wogóle nasunąć, stworzone zostały przez postęp sztuki konstruktorskiej, nie będzie więc dziwnem, jeśli doświadczonemu konstruktorowi treść podanej reguły wyda się oczywista. Nie powinno to jednak skłaniać do niedoceniań czy to reguły samej, czy rozważań z których wynika. Już dla doświadczonego fachowca lepiej jest wiedzieć nietylko jak być powinno, ale także i dlaczego tak być powinno, tembardziej jeżeli dotychczasowa wiedza tych rzeczy była tylko intuicyjna i niesformułowana. Dla studenta i dla początkującego konstruktora pozytywna reguła dająca się uzasadnić i wyrozumować jest nadzwyczaj cenna, chociażby tylko z dydaktycznych względów. Pozwalając mu uporać się z pozornymi sprzecznościami, wyprowadza go z niepewności i godzi „teorię“ z „praktyką“. Poza to daje uzasadnienie racjonalne i ogólne, sprowadzając rzecz do podstawowych

przyczyn. Popiera rozumowaniem to, co dotychczas było znane jedynie z doświadczenia, i to znane jedynie doświadczeniem.

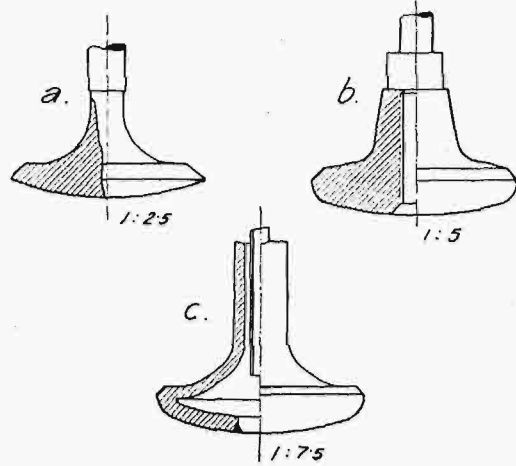


Rys. 6.
Konstrukcja ramienia dźwigni. Ten przykład ilustruje stopniowy zanik materiału biernego, ze wzrostem wymiarów przedmiotu.

Ale właśnie niejedyn młody konstruktor, student zwłaszcza, może czuć się poniekąd zawiedzionym w oczekiwaniach, z powodu zupełnej ogólności tej reguły i jej czysto jakościowego charakteru. Pragnę tedy podkreślić, że skoro pytanie było postawione zupełnie ogólnie i równie ogólną była metoda rozważań, nie można oczekiwać odpowiedzi w postaci wskazówek bardziej szczegółowych, lub co więcej, specyficznych. Nie do tego też dążyliśmy. Nie o to chodziło, aby tworząc pracę konstruktora zastąpić regułami i rzecz taka jest pozatem nie do pomysłenia. Konstrukcja maszyn, mimo powstania jej teorii, pozostanie zawsze sztuką, w której główną rolę odgrywać musi i będzie twórcza wyobraźnia, posiłkowana

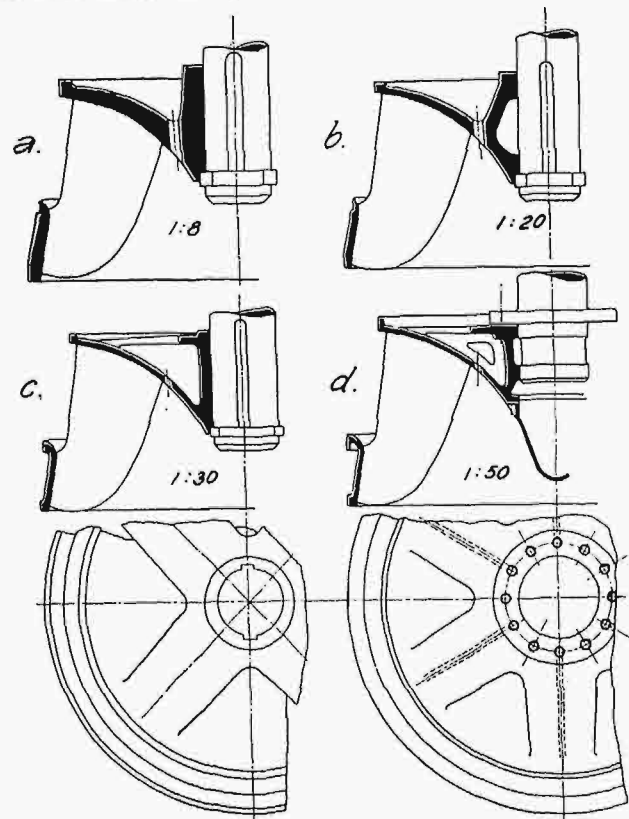
przez doświadczenie i krytycyzm, ten ostatni zaś tem lepszą jest pomocą, im silniej oprzeć go można o teorię.

Stworzenie obiektywnych podstaw dla krytyki wyników pracy konstruktora jest obszerniejszym celem tej pracy, i gdyby tylko ten jeden rezultat został był osią-



Rys. 7.
Zawory wydmuchowe motorów spalinowych rozmaitej wielkości, rysunkowo sprowadzone do tego samego rozmiaru.

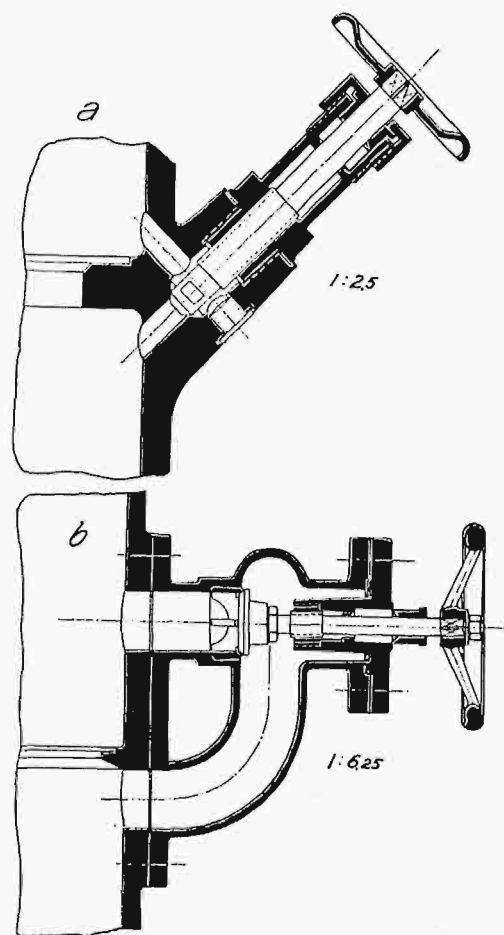
gnięty, nie byłaby ona daremna. Ale, jak to zwykle bywa, że ogólne rozważanie odsłania całe pole badań, oświetlając kwestje ciemne lub sporne, czekające wyjaśnienia, a czasem dając korzyści uboczne o dużym znaczeniu



Rys. 8.
Biegowy turbin Francisca. Cztery różne wielkości tej samej serii.

praktycznym, tak stało się i w tym wypadku. Czyniąc przegląd tych rezultatów pochodnych, z kategorii zagadnień, które czekały na wyniki tej pracy jako na wyjaśnienie, spotykamy dwa, a mianowicie: przez wiele lat sporną sprawę t.zw. wymiarów względnych, oraz zagadnienie złudzeń, występujących przy konstruowaniu w podziałkach nadto zbliżonych do wielkości rzeczywistej. Korzy-

ścią uboczną o znaczeniu wybitnie praktycznym, jest możliwość stosowania wyników tych rozważań do celów



Rys. 9.

Zawory obiegowe pomp tłokowych. Zawór dla małej pompy (a) wykonany jednolicie z cylindrem, a ilość jego części składowych mniejsza, niż w zaworze (b).

t. zw. syntetycznej kalkulacji wstępnej. Zajmiemy się temi sprawami po kolei.

Dążność do stworzenia ogólnej teorii konstrukcji maszyn nie była obcą temu pokoleniu inżynierów, które wówczas, gdy budowa maszyn — jako samodzielnie istniejąca sztuka — dopiero kilka dziesiątków lat sobie liczyła, zaczynało wiedzę tej gałęzi techniki systematycznie zbierać. Przeciwnie, u przedstawicieli owego pokolenia dążność ta przejawiała się silniej, niż u konstruktorów epoki późniejszej. Ale sztuka budowy maszyn była podówczas jeszcze zbyt nowa i surowa i zbyt mały obejmowała zakres doświadczeń. Dlatego praca w poszukiwaniu ogólnych praw konstrukcji wówczas nie mogła jeszcze mieć powodzenia; spekulacje nad temi zagadnieniami były przedwczesne i w najlepszym razie mogły odsłonić tylko część prawdy, dając pole do nieuzasadnionych przyjęć, lub do powierzchownych analogij. To też wysiłki owe musiały upaść, a upadek ten był nietylko przekreśleniem ich krótkotrwałych rezultatów; zdyskredytował on również samą dążność do ogólnego ujmowania zagadnień tej dziedziny, powodując depresję, która do dzisiejszych czasów dotrwała. Takim, częścią tylko prawdy w sobie zawierającym wynikiem tych usiłowań, który przejściowo posiadał dość duże znaczenie praktyczne, była teoria, nazwana prawem proporcjonalności, z którą w parze szła metoda konstruowania przy pomocy t. zw. w y m i a r ó w w z g l ę d n y c h.

Metoda poprzedziła teorię. Jak podają Moll i Reuleaux¹²⁾ była ona stosowana już przez Watta, a celem jej była ekonomja pracy konstruktora. Chodziło o to, aby nie powtarzać przy każdej szczególnej konstrukcji całego ogólnego rozumowania, ale aby wykonać je jeden raz, a następnie wielokrotnie wykorzystywać. W tym celu, między poszczególnymi wymiarami maszyny, którą chciano wykonywać w rozmaitych wielkościach, ustawiano związki i znajdowano wartości stosunkowe (stałe lub zmienne), poczem dla każdej wielkości maszyny wystarczało przyjąć, lub z danych wyliczyć niewielką ilość wymiarów podstawowych, a wszystkie pozostałe bezwzględne wartości wymiarów otrzymywano drogą czysto arytmetycznego przeliczania, bez analizowania działania sił, względów technologicznych i t. d. Te wartości stosunkowe nazwano wymiarami względnymi. Wymiary względne odnoszące się do takich szczegółów konstrukcji, dla których nie można było przyjąć — tak pożądanego — związku prostej proporcjonalności, były — o ile chodziło o przekroje nadające się do obliczenia wytrzymałościowego — odpowiednio zmodyfikowanymi wzorami wytrzymałościowymi, o ile zaś o nadawaniu tych wymiarów decydowały czynniki technologiczne lub praktyczne, miały postać tak zwanych „wzorów technologicznych“. Najczęstszą postacią wzorów technologicznych było równanie:

$$s = a + b \cdot W,$$

gdzie W oznaczało wymiar zasadniczy czyli nominalny, s wymiar, którego wartości szukano, zaś a i b były to odpowiednio dobrane stałe współczynniki. Postać tego równania tłumaczy, że rozumiano już wówczas znaczenie dla konstrukcji tych czynników, którym w niniejszej pracy nadaliśmy nazwę ograniczeń materialnych; natomiast wpływ wielkości na kształtność, a kształtności na cenę maszyny nie był jeszcze nawet empirycznie znany, co tłumaczy się przedewszystkiem tem, że skala wielkości wykonań miała podówczas jeszcze niewielką rozpiętość, a konkurencja przemysłowa — w dzisiejszej swej postaci — nie była jeszcze znana.

W warunkach skreślonych powyżej, rozsądnie stosowane wymiary względne mogły oddawać i oddawały przysługi dość dużej praktycznej wartości. Szkodliwym jednak było, gdy wymiarami względnymi zajęli się teoretycy, którzy, nie dostrzegłszy jak bardzo ograniczona jest stosowalność tej metody, przypisali jej znaczenie jakiegoś ogólnego prawa konstrukcji. Pierwszym, który to uczynił, był — jak się zdaje — Redtenbacher. Logika metody wymiarów względnych streszczała się w cichem przyjęciu, że tam, gdzie między maszynami różnej wielkości istnieje podobieństwo fizykalne, powinno zachodzić również i podobieństwo geometryczne — zmącone conajwyżej działaniem ograniczeń materialnych — a przyjęcie to było oparte na zaobserwowaniu zjawiska, iż maszyny małe się różniące wielkością, różnią się niewiele kształtami. Zjawisko to, które przyrodniczo mówi tylko tyle, że narastanie zmian w sposób stopniowy jest zjawiskiem o wiele częściej w przyrodzie spotykanem, niż zmiany nagłe i radykalne, zostało przez wspomnianych teoretyków bezpodstawnie wy tłumaczone, jakoby poza czynnikami przyrodniczymi, stanowiącymi o podobieństwie fizykalnem, żadne inne czynniki — wyjąwszy ograniczenia materialne, oraz, rozumianą jako dowolność i pole dla kaprysów, swobodę konstruktorską — nie wpływają na kształty maszyn. W ten sposób z metody wymiarów względnych wynikła teoria proporcjonalności, będąca zaprzeczeniem związku między kształtem a wielkością maszyny, która, podniesiona do znaczenia fundamentalnego prawa, zagroziła — na pewien czas — drogę postępowi myśli na tem polu.

¹²⁾ Oh. Moll C. L. und F. Reuleaux, *Constructionslehre für den Maschinenbau*. Braunschweig, Vieweg, 1854, str. 126.

Ze „wielkie prawo proporcjonalności“¹³⁾ w ten sposób było rozumiane, niech świadczą o tem własne słowa Redtenbachera, zacytowane z dzieła jego p. t.: *Principien der Mechanik und des Maschinenbaues*¹⁴⁾. Pisze on (str. 309): „...poznałem w końcu, że chodzi tylko o to, aby ogólną i oddawna znaną praktyczną regułę: „że wymiary i kształty wszystkich części maszyny powinny stać względem siebie we właściwym stosunku“ ...oprzeć na podstawie naukowej...“, a dalej (str. 310): „W dalszym ciągu zasługuje na podniesienie, że wedle metody wymiarów względnych jest zupełnie obojętnem, czy chodzi o konstrukcję zupełnie małej, czy kolosalnej (*sic!*) maszyny...; gdyż podobnie, jak obwód koła jest 3,1415 razy tak długi, jak średnica, bez względu na to czy jest ona wielka czy mała, tak stosunki bezwzględnych wymiarów maszyny są wogóle zupełnie niezależne od bezwzględnych wielkości tychże“. Możliwość gromadzenia wzgl. usuwania z konstrukcji materiału biernego nie była konstruktorom owej epoki obca, ale Redtenbacher odnosił się krytycznie do zabiegów, aby drogą regulowania ilości materiału biernego w konstrukcji osiągnąć obniżenie kosztu. Pisze on (*ibid.* str. 306): „Jeśli tę regułę“ — że szybkobieżne części maszyn lub całe maszyny wymagają do przenoszenia pewnych mocy lżejszych, wolnobieżne natomiast silnie wymiarowanych przekrojów — „obserwuje się należyście już nawet przy planowaniu transmisji, to można dzięki temu często o wiele więcej na materiale konstrukcyjnym zaoszczędzić, niż przez małostkową drobiazgowość, w której niektórzy konstruktorowie szukają zbawienia“.

Inni autorowie traktowali tę sprawę bardziej liberalnie, pozwalając konstruktorom dowolnie dysponować materiałem biernym, widzieli w tem jednak tylko pole dla oryginalności konstruktorów, dające możliwość osiągnięcia pewnych estetycznych efektów. I tak n. p. Moll¹⁵⁾, pisząc o piękności kształtu i podkreślając, że maszyna jako całość powinna otrzymać pewien określony charakter (*Ausdruck*), dodaje: „Środek służący do wydobycia pożądanego charakteru leży w większym lub mniejszym rozwinięciu poszczególnych kształtów. Przy pewnej zręczności (*Geschick*) można dzięki niemu uzyskać najrozmaitsze wrażenia, od najociężalszej solidności począwszy, aż do filigranowej elegancji“, Reuleaux¹⁶⁾ zaś jest nieświadom tego, jak wielkiej wagi spostrzeżenie mieszczą w sobie jego słowa, gdy daje wyraz następującemu zapatrywaniu: „Ze wzrostem wymiarów mnożą się sposobności do opracowywania kształtów, a mianowicie do lepszego podkreślenia kształtów „równej wytrzymałości“, co powinno być może być w większej mierze niż się to dzieje, stosowane w dużych instrumentach astronomicznych, gdyż nie ulega wątpliwości, że materiał w nich użyty powinien być w najbardziej użyteczny sposób zastosowany“.

Metoda wymiarów względnych i związana z nią teoria proporcjonalności, nigdy nie była powszechnie uznana i miała przeciwników nawet w czasie swego największego rozpowszechnienia. Już Moll, mimo iż stosował ją w swem cytowanym dziele, dalekim był od entuzjazmu Redtenbachera, natomiast ze słów Grovego, pomieszczonych we wstępie do jego pod-

ręcznika¹⁷⁾ widzimy, że nawet w czasach, gdy Redtenbacher działał i wywierał duży wpływ na niemieckie szkolnictwo techniczne, istniały szkoły, w których metoda wymiarów względnych nie była wprowadzona. Wraz z dalszym rozwojem budowy maszyn, gdy potrzeby przemysłu kazały budować coraz to większe jednostki maszynowe, równocześnie zaś, zaostrzająca się konkurencja kazała zwiększyć ekonomję konstrukcyj, praktyka jeła coraz to dobitniej przeczyć postawionemu przez „teoretyków“ prawu proporcjonalności. O jego nieprawdziwości wiedzieli inżynierowie praktycznie czynni, jak Riedler i Bach, i poczęli je zwalczać. Ten ostatni pisał¹⁸⁾: „W dalszym ciągu, postawiłem sobie jako zadanie, wedle możliwości przyczynić się do tego, aby wciąż jeszcze dość rozpowszechnionej w literaturze metodzie wymiarów względnych grunt z pod nóg odebrać... Metoda ta prowadzi początkującego konstruktora do pracy mechanicznej i jest w rzeczy samej — jak o tem wie każdy wykonujący inżynier — zupełnie niepraktyczna“.

Dla młodszego pokolenia dzisiejszych inżynierów obcą jest już ta walka przeciwników wymiarów względnych z ich zwolennikami, która toczyła się w drugiej połowie ubiegłego stulecia. Muszę o niej wspomnieć, gdyż na tem tle uwidacznia się lepiej znaczenie rezultatów niniejszej pracy dla wyjaśnienia tego spornego zagadnienia. Otóż walka ta z wolna wygasła dzięki faktycznemu zwycięstwu strony atakującej. Metoda wymiarów względnych upadła, a raczej została zredukowana do tego — nader skromnego — zakresu praktycznych zastosowań, w którym jest na miejscu. Ale stronnicy jej nie zostali zmuszeni do kapitulacji; poprosto, wymarli. Ta walka, wygrana na terenie praktyki inżynierskiej, pozostała nierozegrana na terenie rozważań teoretycznych. Jeszcze w roku 1906 wymieniony powyżej monachijski profesor Grove wystąpił z obroną tej metody¹⁹⁾, on, który jak sam wyznawał, był wykształcony na metodzie obliczeń bezpośrednich i wymiary względne przyjął dopiero później, wzorując się na Redtenbacherze i Reuleauxie.

Jedynym bowiem uzasadnionym zarzutem, jaki czyniono wymiarom względnym, był natury dydaktycznej. Stwierdzano — z zupełną słusnością — szkodliwość mechanicznej metody pracy u początkujących konstruktorów i studentów, którzy, nie zmuszeni do zastanawiania się nad logiką kształtów, kopjują je bezkrytycznie. Ten zarzut, którego ważność była ograniczona do terenu sal szkolnych²⁰⁾, był jednak skierowany raczej przeciwko nadużywaniu tej metody do niewłaściwych celów, niż przeciw metodzie samej, nie podważał bowiem jej podstaw teoretycznych. Inne zarzuty nie były poparte odpowiednimi dowodami, i dlatego nie były przekonywujące.

Trudno jest dziś odtworzyć, na podstawie szczupłych śladów jakie pozostały w literaturze, całość tej kontrowersji. Wielka jej część rozegrała się zapewne w ramach wykładów i wypowiedzi ustnych. Z tego, co znalazłem uwiecznione w druku odniosłem wrażenie, iż przekonanie o wadliwości tej metody było u jej przeciwników raczej intuicyjne niż wyrozumowane i wynikało z negatywnego doświadczenia. Było ono tem silniejsze, im bogatszą praktykę posiadał dany przeciwnik; (przykładem Riedler). Ci, których zakres działania

¹³⁾ Ob. Riedler A., *Die Stellung des Herrn Reuleaux zu den technischen Wissenschaften*. Berlin, 1899. (dodatek do dzieła tegoż autora p. t. *Schnellbetrieb*).

¹⁴⁾ Redtenbacher F. *Principien der Mechanik und des Maschinenbaues*. 2. Auflage. Mannheim, 1859.

¹⁵⁾ Moll C. L. und F. Reuleaux. *Constructionslehre für den Maschinenbau*. Braunschweig. Vieweg. 1854, ob. str. 88.

¹⁶⁾ Reuleaux, F. *Ueber den Maschinenbaustil*. Ein Beitrag zur Begründung einer Formenlehre für den Maschinenbau. Braunschweig, Vieweg. 1862, ob. str. 7.

¹⁷⁾ Por. Grove, O. *Konstruktionslehre der einfachen Maschinenteile*. Leipzig, S. Hirzel. 1906.

¹⁸⁾ Por. Bach, C. *Die Maschinen-Elemente*, Stuttgart 1897, str. IV.

¹⁹⁾ *I. c.* str. III.

²⁰⁾ Upadek wymiarów względnych nie wprowadził trwałego bezpieczeństwa dla nauczania konstrukcji w szkołach. Dla tych, którzy dążą po drodze najmniejszego oporu, zawsze znajdują się środki, nadające się do nadużywania w sposób przeciwny zasadom dydaktyki. Obecnie niebezpieczeństwo tego rodzaju grozi ze strony norm.

był więcej akademicki, szczególnie, o ile zajmowali się przeważnie elementami maszyn, które właśnie dają nieco pola dla praktycznego stosowania wymiarów względnych, nie mieli tego intuicyjnego wyczucia i uważali się za przekonanych tem, co „udowodnił“ Redtenbacher; przykładem Grove. Bach mógł być silnie przekonany o „niepraktyczności“ metody wymiarów względnych, ale na poparcie tego zarzutu nie podał uzasadnienia; to też ten jego zarzut może czynić wrażenie uprzedzenia. Znacznie mocniejsze, bo tchnące głębokiem, na wielkiem doświadczeniu opartem przekonaniem, są następujące słowa Riedlera, zacytowane z wymienionego powyżej polemicznego artykułu: „W naukach konstrukcyjnych nie jest już dziś dopuszczalnym, jak przed 40-tu laty, wychodząc z prostych „naprężeń“ i z „wielkiego prawa proporcjonalności“, stąd obliczenia wywodzić. Jaskrawe „przykłady“ od dawna już zburzyły te dowolne przyjęcia. Wielkie „prawo“ wogóle nie istnieje; a przeto dedukcjom z wielkiego, pięknego ale niestety nieprawdziwego prawa jest już koniec raz na zawsze“. Mimo starannych poszukiwań, nie zdołałem stwierdzić, czy Riedler podał w druku więcej swoich zapatrywań na sprawę wymiarów względnych, zdaje się jednak, że gdyby miał przeciw nim jakiś argument teoretyczny, który dojrzał już do wypowiedzenia, byłby o nim właśnie w tej polemice conajmniej wspominał.

Na tem rozwój tej sprawy stanął; istota zarzutów robionych metodzie wymiarów względnych nie została pozytywnie sprecyzowana, a że nieświadomość zwykle prowadzi do środków radykalnych, więc wymiary względne oficjalnie wyklęto; ogół nie wiedział za co, a nikt nie umiał tej rzeczy zadowalająco wyjaśnić. Kto sam dzięki swej konstruktorskiej praktyce nie wyczuł racji tych zarzutów, musiał trwać w nieświadomości.

Dopiero wyniki niniejszej pracy dostarczają argumentu, który był potrzebny, aby w tym sporze, do przewagi, jaką stronie atakującej dawała intuicyjna, mimowolna znajomość rzeczy, dołączyć też wyrok ze strony zamierzonego, naukowego poznania. Teoria proporcjonalności, wedle której maszyny różne wielkością, ale podobne fizycznie powinny być doskonale podobne geometrycznie, jest w kolizji z rezultatami tej pracy, i ostać się — jako podstawowe prawo konstrukcji — nie może.

Rozstrzygnięcie tej sprawy zdejmując również „kłębę“ z wymiarów względnych, dzięki czemu mogą one powrócić do — bardzo co prawda ograniczonych — swoich praw. Można dziś orzec, że w zakresie niewielkich różnic wymiarów, szczególnie w konstrukcji elementów maszyn, rozważne stosowanie wymiarów względnych jest dopuszczalne. Praktyka, która nigdy nie zarzucała zupełnie wymiarów względnych, potwierdza to orzeczenie²⁴⁾.

Na wiele lat, zanim w poszczególnych krajach wprowadzono normy rysunkowe, podziałka 1:2 była wykluczona z użycia we wszystkich postępowych biurach i szkołach technicznych. Jako uzasadnienie podawano, że ta podziałka myli oko. I rzeczywiście, podjęta w tym kierunku próba może łatwo przekonać, że konstrukcja w tej skali nakreślona kryje w sobie niespodzianki, gdyż maszyna po wykonaniu wydaje się nieoczekiwanie wielka i wykazuje niewłaściwe proporcje wymiarów. Obecnie obowiązujące „Normy Polskie“ i „DIN“ przyjmują jako największy dozwolony stosunek zmniejszenia 1:2,5 i trudno jest zaprzeczyć potrzeby istnienia podziałki tej, lub innej do niej zbliżonej, mianowicie dla rysunków ostatecznych, a w szczególności wykonawczych; jeśli je-

²⁴⁾ Podany przez Ericha Hoffmana (ob. Mitteilungen des Normenausschusses der deutschen Industrie, Februar 1920), sposób normalizowania konstrukcji elementów maszynowych przy pomocy szeregów zaleconych, nie jest niczem innym, jak namiastką starej metody wymiarów względnych.

dnak niedoświadczony nowicjusz, zaczynając pracę konstrukcyjną, wybiera sobie tę właśnie podziałkę dla pierwszego szkicu, można oczekiwać, że wynikiem będzie jeszcze jeden przykład, ilustrujący dawno znane zjawisko, iż wielkie podziałki rysunkowe mylą oko. To też przed wprowadzeniem odnośnych norm, w wielu biurach nie używano tej, tak powszechnej dziś podziałki, chętnie natomiast stosowano stosunek zmniejszenia 1:3,33, czyli 3:10 jako największy dopuszczalny. W krajach anglosaskich natomiast największą w użyciu będącą podziałką jest 4 cale równe jednej stopie, czyli 1:3.

Zjawisko uzależnienia trafności sądu konstruktora od obranej skali rysunkowej, niewytłumaczalne z punktu widzenia teorii proporcjonalności, staje się zrozumiałe w świetle rezultatów niniejszej pracy. Gdyby nie było różnic kształtowości w maszynach różniących się wielkością, nie byłoby też i kwestji podziałki rysunkowej, gdyż każdy rysunek mógłby przedstawiać zarówno jakąś maszynę dużą, w znacznym pomniejszeniu, jak maszynę podobną do niej ale małą, w podziałce większej. Jednaków podobieństwo geometryczne maszyn fizycznie podobnych maleje w miarę rosnącej różnicy wymiarów, kształtowość bowiem, a stąd i kształt maszyny, jest w zależności od jej bezwzględnej wielkości. Stąd wynika potrzeba należytego zdawania sobie sprawy z rzeczywistej wielkości konstruowanej maszyny.

W psychicznym procesie konstruowania, podstawową rolę odgrywa stwarzanie w wyobraźni przedstawień wytwórczych i porównywanie tychże, celem osądzenia względnych zalet poszczególnych pomysłów. Szkic lub rysunek służy przytem przedewszystkiem jako notatka, dla utrwalenia powziętych decyzji, a więc jako pomoc dla pamięci, do której to pomocy konstruktor ucieka się stale w toku swej pracy. Rzut oka na rysunek ma w pamięci konstruktora wywołać przedstawienie odtwórcze, zgodne z minionem przedstawieniem wytwórczem, którego notatkę rysunek wzgl. szkic stanowi. Zadanie to spełnia najlepiej rysunek przedstawiający maszynę w rzeczywistej wielkości; jeśli jednak rzecz jest nakreślona w pomniejszeniu (lub w powiększeniu), to koniecznym jest aby konstruktor rozpoznawał proporcje rysunku jako te same, które posiadać ma przedmiot konstruowany. Dział się tak może tylko wtedy, jeśli względne różnice wymiarów wielkości rzeczywistej i wielkości podziałkowej przekraczają wartość, którą nazwać możemy progiem różnicy. Przy podziałkach leżących poniżej tego progu występuje u konstruktora mimowiedna skłonność do indentyfikowania pomniejszeń z wielkością rzeczywistą przedmiotu, a konstruowanie postępuje w ten sposób, jak gdyby wielkość rysunkowa była wielkością rzeczywistą. W skutek tego, stopień kształtowości konstrukcji nie może odpowiadać rzeczywistej wielkości maszyny.

O tem, jaki stosunek podziałki odpowiada wartości progu różnicy, mogłyby nas pouczyć odpowiednie doświadczenia. Pewnikiem jest to, że wartość progu jest właściwością indywidualną. Pozatem, jak wykazuje dotychczasowe doświadczenie, podziałka 1:2 u wszystkich konstruktorów leży poniżej, natomiast 1:3 oraz 3:10 bez wyjątku prawie leżą powyżej tego progu. Stąd wniosek, że podziałka „progowa“ leży między wartością stosunku 1:2 a 1:3, w najczęstszych wypadkach prawdopodobnie w bliskim sąsiedztwie podziałki 1:2,5.

Związek kształtowości maszyny z jej wielkością istnieje tylko dzięki działaniu czynnika ekonomicznego, jakim jest nasze dążenie do ekonomji. Wyrażeniem tego stanu rzeczy jest równanie (8), określające zależność kosztu maszyny od jej rozmiarów. To równanie, którego praktyczne znaczenie mogło narazie ująć uwagę czytelnika, może znaleźć ważne zastosowanie w obliczaniu przypuszczalnych kosztów maszyn jeszcze niewykonanych, zwanem kalkulacją wstępną.

Z dwu dotychczas znanych metod kalkulacji wstępnej, w ogólne użycie weszła ta, która polega na mnożeniu obliczonego ciężaru maszyny przez cenę jednostki jej wagi, określoną na podstawie przeszłych doświadczeń firmy; druga, polegająca na składaniu kosztu wykonania maszyny z prostych, łatwych do pieniężnego ocenienia kosztów elementarnych, jako bardziej żmudna, mniej jest stosowana. Ponieważ podstawą tych metod kalkulacji jest szczegółowa analiza kształtów, względnie procesu wykonywania maszyny, nazwiemy je przeto metodami analitycznymi kalkulacji wstępnej. Warunkiem ich stosowalności jest istnienie rysunków konstrukcyjnych, lub przynajmniej dobrych szkiców maszyny.

Równanie (8) otwiera nam możliwość przepowiadania przypuszczalnych kosztów maszyn jeszcze nieskonstruowanych, jeśli tylko posiadamy dane, wystarczające do określenia wartości stałych tego równania, oraz, o ile założenia ograniczające zakres jego ważności są spełnione z wystarczającym przybliżeniem. Tej metodzie kalkulacji wstępnej możemy — w odróżnieniu od poprzednio opisanych — nadać nazwę metody syntetycznej.

Wartość syntetycznej metody kalkulacji wstępnej okazuje się przedewszystkiem w wypadkach, w których musimy zorientować się co do przypuszczalnego kosztu maszyny w czasie niewystarczającym na sporządzenie konstrukcyjnych szkiców. Metoda ta może się jednak przydać również i wtedy, gdy istnieje możliwość przedwstępnej oznaczenia kosztu maszyny drogą analityczną, daje ona bowiem — dla porównania i kontroli — koszt obliczony drogą inną, wolną od wpływu czynników przypadkowych i przyjęć arbitralnych, tak często zniekształcających wyniki kalkulacji analitycznej²²⁾.

Opracowanie całkowitej metody syntetycznej kalkulacji wstępnej będzie przedmiotem osobnej monografii. Tu pragnę jeszcze to tylko nadmienić, że jakiegokolwiek ograniczenia stosowalności równania 8-go nie powinno być utożsamiane z ograniczeniami syntetycznej metody kalkulacji, której znaczenie jest szersze²³⁾.

5. Zakończenie.

W chwili, gdy w drukarni rozpoczęto już składanie tej pracy, doszedł do moich rąk pierwszy tom piątego wydania „Części maszyn“ *Laudiena*²⁴⁾. W tej książce, która o wiele stosowniej można by zatytułować „szkołą konstruktora maszyn“, pomieścił Prof. *Laudien* dwa nowe rozdziały, których treść, cel i znaczenie objaśniają następujące słowa przedmowy: „Następnie został dodany rozdział „Nauka o kształtach“, podzielony na naukę o kształtach ze względu na sporządzanie (kształty dla wykonania przez odlew, kucie, spawanie i z uwzględnieniem stosowanej obrabiarki), oraz na kształty dla rozmaitych wypadków obciążeń, (profile rozciągane, zgniatane, profile belek i t. p.). Być może, że dziś jesteśmy

²²⁾ Początkowe dociekania, z których wynika niniejsza praca, dotyczyły właśnie syntetycznej kalkulacji. Pewna fabryka, która bez trudności otrzymywała zamówienia na maszyny małe i średniej wielkości, nie mogła uzyskać zamówień na większe jednostki maszynowe. Biuro ofertowe tej fabryki zarzucało biuru konstrukcyjnemu, że maszyny większe są konstruowane zbyt ciężko. Autor zdołał wówczas wykazać, że powodem tego stanu rzeczy nie były wady konstrukcji, tylko wadliwy sposób kalkulowania, a mianowicie, przyjęcie zbyt wysokich cen za jednostkę wagi maszyn dużych. Rozważania niniejsze wynikały — jak się stąd okazuje — z potrzeb praktyki, i były już w praktyce z pożytkiem stosowane.

²³⁾ Pierwszą próbę ujęcia tego zagadnienia opublikowałem pod tytułem: „Syntetyczne metody kalkulacji wstępnej w budowie maszyn i ich zależność od czynników konstrukcyjnych; ob. *Przegląd Techniczny*, 1929.

²⁴⁾ *Laudien-Eder-Quantz*. *Maschinenelemente*. Bd. I. wyd. 5-te, Lipsk, 1931. — Trzeci rozdział tego dzieła nosi tytuł: „Formenlehre“, czwarty zaś: „Einzelne Konstruktionsgesichtspunkte“.

jeszcze daleko od możliwości dania zupełnej nauki konstrukcji (*Konstruktionslehre*), „nie wolno nam jednak nie podjąć próby wyrównania drogi wiodącej do takiej nauki konstrukcji...“²⁵⁾. W rozdziale „Poszczególne punkty widzenia przy konstrukcji“ spróbowano ustawić pewną ilość zupełnie ogólnych reguł konstrukcyjnych, a więc reguł ważnych dla wszystkich sposobów wykonywania (przez odlew, kucie i t. p.), oraz dla wszystkich prostych przypadków obciążenia (rozciąganie, zginanie). Piśzę wyraźnie „spróbowano“. Wiele jeszcze czasu upłynie, zanim dojdziemy do zupełnie ogólnej nauki konstrukcji, jeśli takowa jest wogóle możliwa. Jedno jest jednak już dziś do uzyskania, i to właśnie ma dać ten rozdział: Punkty widzenia, które się powinno przemyśleć przy każdym zadaniu konstrukcyjnym, można traktować jako zamkniętą całość“.

Słowa te cytuję, jako pierwszy znany mi wypadek podniesienia w druku potrzeby opracowania ogólnej nauki konstrukcji maszyn. Jak widać z przytoczonych zdań, Prof. *Laudien* zbiera w 3-cim rozdziale swego dzieła te liczne reguły i przepisy szczegółowe, które ujmują — wymienioną przezemnie we wstępie tej pracy — zależność kształtu maszyny od materiału konstrukcyjnego. Pozatem, w obu wymienionych rozdziałach Prof. *Laudien* podaje wiele innych reguł i zasad konstrukcji, kładąc na tem polu wielką zasługę, jest on bowiem — o ile mi wiadomo — pierwszym, który takie reguły zebrał i ogłosił. Niektóre z tych reguł, są empirycznym — niezupełnym i niedoskonałym jeszcze — ujęciem pewnych bardzo ogólnych zasad morfonomji maszyn, (dotyczy to n. p. wskazówek podanych w rozdziale 4-tym, zalecających „ograniczenie części pośrednich do minimum“ oraz „oszczędzanie przez ściąganie części konstrukcji w jedną całość“); nie znalazłem jednak w tem dziele żadnej wzmianki, któraby dotyczyła związku między kształtem a wielkością.

Obiecując sobie, że w niedługim czasie zdołam po dać w druku, w kolejnym następstwie, dalsze części tej pracy, jak również zająć się szerszej tematyką, które narazie mogłem tu tylko szkicowo zaznaczyć, na tem kończę. Pozostaje mi do spełnienia miły obowiązek wymienienia długów wdzięczności, jakie w związku z niniejszą pracą zaciągnąłem. Winienem ją przedewszystkiem Panu Profesorowi Politechniki Lwowskiej Inż. *Zygmuntowi Ciechanowskiemu*, który interesował się stale moją pracą, czytał ją w rękopisie i poświęcił mi wiele chwil rozmowy w związku z poruszoną w niej zagadnieniami. Wdzięczny jestem Panu Profesorowi P. L. Inż. *Edwinowi Hauswaldowi* za wskazówki dotyczące literatury „wymiarów względnych“, Panu Profesorowi U. J. K. *Drowi Kazimierzowi Ajdukiewiczowi* za poradę i krytykę, z jakiej korzystałem, spotkawszy się w toku pracy z zagadnieniami, wkraczającymi w dziedzinę psychologii, oraz Panu Profesorowi U. J. K. *Drowi Janowi Czekanowskiemu*, za cenne uwagi krytyczne ogólnej natury. Korzystałem również z wielkiej uprzejmości Pana Docenta U. J. K. *Dra Stefana Kaczmarza*, ilekroć się chciałem upewnić, czy w części matematycznej tej pracy jestem na dobrej drodze, oraz Pana Asystenta *Mra. Adama Czeredarka*, który był łaskaw zająć się zbadaniem własności funkcji (8). Za zainteresowanie i życzliwość, jakie cechowały tę pomoc w każdym wypadku, pragnę niniejszem wyrazić serdeczne podziękowanie.

Nie mogę nie wspomnieć tu również i o pomocy mimowolnej, jaką otrzymałem ze strony moich uczniów. Jako nauczyciel konstrukcji, do którego obowiązków należy wytykanie błędów w pracach studentów, znajdowałem się nieraz w trudnej sytuacji, gdy studentowi, którego

²⁵⁾ Podkreślenia istnieją w oryginale.

Tab. II.

| d_3 | 16 | | | | | | 18 | | | | | | 20 | | | | | | 22 | | | | | | |
|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|---|----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|---|----|-------|-------|-------|-----|-----|---|
| | d_p | | | d_0 | s_0 | F_i | C | h | d_p | | | d_0 | s_0 | F_i | C | h | d_p | | | d_0 | s_0 | F_i | C | h | |
| | 6 | 8 | 12 | | | | | | 6 | 8 | 12 | | | | | | 6 | 8 | 12 | | | | | | 6 |
| 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 8 | | | 5 | 8 | 0.24 | | 2.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 8 | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | 9 | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 9 | 8 | | | | " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | 26 | | | | | | 28 | | | | | | 30 | | | | | | |
| 0.8 | 9 | 8 | | | | 0.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 10 | 8 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 11 | 9 | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 12 | 10 | | 5 | 12 | 5 | | 3.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 12 | 11 | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | 13 | 11 | | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 14 | 12 | | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | | | | | | 34 | | | | | | 36 | | | | | | 38 | | | | | | |
| 0.8 | 12 | 10 | 8 | | | 0.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 13 | 11 | 9 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 14 | 13 | 10 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 15 | 13 | 11 | 5 | 16 | 7 | | 4.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 17 | 14 | 12 | | | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | 18 | 15 | 12 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 18 | 16 | 13 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | 42 | | | | | | 44 | | | | | | 46 | | | | | | |
| 0.8 | 15 | 13 | 10 | | | 1.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 16 | 14 | 12 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 19 | 16 | 13 | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 19 | 17 | 14 | 6 | 20 | 52 | | 6.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 20 | 18 | 15 | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | 22 | 19 | 16 | | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 24 | 20 | 16 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 48 | | | | | | 50 | | | | | | 52 | | | | | | 54 | | | | | | |
| 0.8 | 18 | 15 | 13 | | | 2.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 20 | 17 | 14 | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 22 | 19 | 15 | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 24 | 20 | 16 | 7 | 24 | 9 | | 7.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 26 | 22 | 18 | | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | 26 | 22 | 19 | | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 28 | 24 | 20 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

cyjne⁶⁾. Badam względną (zarys typ uzbrojenia, % żelaza, wymiar betonu) wytrzymałość i koszt, ułatwiając tem obranie właściwego przekroju.

Wyniki podaję w tabelach, które mogą być również zastąpione wykresami.

I. Zadania ogólne.

§ 1. Mamy do ewent. wyznaczenia⁷⁾:

- a) Przekrój: Dane P, σ_b ; szukane (F_b, F_p, F_0).
- b) Naprężenie: Dane $P, (F_b, F_p, F_0)$; szukane σ_b .
- c) Nośność: Dane $\sigma_b, (F_b, F_p, F_0)$; szukane P .

Wszystko — stosownie do warunków ekonomii⁸⁾, oraz konkretnych wymagań ustrojowych.

⁶⁾ Smukłość (h/a) bezpieczna dla kwadratu i koła, owiniętych lub nie; właściwe p_p i p_0 i t. p.

⁷⁾ P — nośność (siła dop. cisnąca). $\sigma_b, \sigma_s, \sigma_B$ — naprężenia dop. betonu i żelaza, oraz kostkowe betonu; F_b, F_p, F_0 ; p_p, p_0 ; u_b, u_r, d_p, d_0 — przekrój (cm^2), procent, średnica ($u=a$, wzgl. $u=d$, dla kwadratu, wzgl. koła), betonu (cm) — całkowita lub rdzenia, żelaza podłużnego (mm) i owinięcia (mm). Obwód rdzenia — styczny do wkładek podłużnych i owinięcia.

⁸⁾ §§ 41-48.

II. Rozwiązanie ogólne.

§ 2. Kładąc:

$$F_i = f_i F_b(r) \dots \dots \dots (I)$$

gdzie $f_i = f(p_b, p_0)$, a ujmując F_i w tabelę, wyznaczamy potrzebne wielkości z r -nia:

$$F_i = P/\sigma_b \dots \dots \dots (II)$$

III. Wymiary ogólne.

§ 3. Średnica drutu:

$$d_p = 8 \div 50 m/m^9); d_0 \geq 5 m/m.$$

§ 4. Naprężenie dop. betonu¹⁰⁾:

a) Przy wykonywaniu prób: $\sigma_b \leq 0.18 \sigma_B \leq 100$ at.

⁹⁾ Pg. przep. angielsk., amer., holend. $d_p \geq 12 cm$ (polskie milcząc). Normalizacja również min. $u_s \geq 15 cm$ i $25 cm$ (Niemcy), wzgl. $15 cm$ i $30 cm$ (Amer. Półn.) — dla słupów, zawartych tylko w 1, wzgl. kilku kondygnacjach — jest zbyt duża: o tem stanowi już siła P .

¹⁰⁾ Przep. M. R. P. Istotnie, normalne cementy polskie dla mieszaniny 1:3 (cem. pias.) dają $\sigma_B = 400 \div 600$ at., zatem $\sigma_b = 70 \div 110$ at. Dla $\sigma_s = 15 \sigma_b = 1200$ at. będzie jeszcze $\sigma_b = 80$ at. W granicach jednak $\sigma_b = 20 \div 100$ at. zmienia się E_b (a tem samem $n = E_s/E_b$) dość znacznie.

$$s_0 \leq |u/2^{13}|; 20 \text{ c/m}^{14} |.$$

§ 7. Ogólny ich procent¹⁵⁾:

$$p_0 \geq 0.25\%.$$

§ 8. Odstęp wkładek podłużnych¹⁶⁾:

$$s_p \leq 40 \text{ cm}.$$

§ 9. Równania znamienne¹⁷⁾:

$$F_i = f_i F_b; f_i = 1.0 + 0.15 p_p; 3\% \geq p_p \geq 0.8\% \text{ (I', III, IV)}$$

§ 10. Przekrój kwadratowy. Zadania § 1 rozwiązuje (§ 2) tab. I¹⁸⁾.

U w a g a 1: Smukłość bezpieczna: $h/a \leq 18$ (§ 29).

U w a g a 2: Dla $a_b \geq 50 \text{ c/m}^{19)}$, zaś $h/a \leq 12$ będzie korzystniejszy (mocniejszy) przekrój uzwojony (§§ 41, 44, 36).

§ 11. Przekrój kołowy. Zadania § 1 rozwiązuje (§ 2) tab. II²⁰⁾.

U w a g a 1: Smukłość bezpieczna: $h/d \leq 15$ (§ 32).

U w a g a 2: Dla $d_b \geq 50 \text{ c/m}$ mocniejszy jest przekrój uzwojony (§§ 42, 45).

U w a g a 3: Ob. ods. 40.

B. Uzbrojenie zwojowe²¹⁾.

§ 12. Odstęp strzemion (skok uzwojenia) s_0 dla $d_r \leq u_r$ wyznacza się z tab. IV.; dla $d_r \geq u_r$ musi być $s_0 \leq 8 \text{ c/m}$.

§ 13. Względna wartość d_0 dla rdzenia kwadratowego ($u_r = a_r$) i kołowego ($u_r = d_r$) podaje tab. III.

§ 14. Bez względnej wartości d_0 dla $\sigma_b \leq 50 \text{ at.}$, zresztą j. w. podaje tab. IV.

¹³⁾ Dla $s_0 \leq u/2$ (M. R. P.) będzie zawsze $s_0 \leq 18 d_p$. Pg. przep. włoskich, niemieck., szwedz., angielsk., szwajcar. winno być odpowiednio: $s_0 \leq 10, 12, 15, 16, 20 d_p$.

¹⁴⁾ Pg. przep. amer., węgier., holend.: $s_0 \leq 20, 30, 35 \text{ c/m}$ (polskie niewyraźne).

¹⁵⁾ Wstrzymując wspólnie z betonem pręty podłużne od wybożenia, beton zaś od ścinania, muszą strzemiona stanowić pewien określony % od F_p wzgl. F_b (przep. milczą). Dla $p_0 = 0.25\%$, oraz $s = u/2$ będzie $d = 0.141 u$ (ods. 21).

¹⁶⁾ Praktycznie (przep. milczą).

¹⁷⁾ Odsetki od F_b .

¹⁸⁾ F_i — w tysiącach cm^2 odpowiednio do P w tn. i σ_b w at. Zastąpimy kwadrat przez prostokąt, kładąc $a = \sqrt{a_1 b_1}$. Powstanie tab. I: Tworzymy dla $a_b = 16, 18 \dots$ i $p_p = 0.8, 1.0 \dots$ tab. F_i i tab. F_p i obieramy najbliższe $F_p \approx F_i' = 4, 8, 12 f$, gdzie f — przekrój pojedynczej wkładki.

¹⁹⁾ Co odpowiada: $P \geq 70 \div 150 \text{ tn}$ ($7 \div 20$ piętr) dla $\sigma_b = 25 \div 50 \text{ at.}$ Zatem, wbrew utartemu twierdzeniu, przekrój uzwojony nie zawsze jest: a) szczuplejszy; b) droższy.

²⁰⁾ Zastąpimy koło przez sześć- i ośmiokąt, zmniejszając — ceteris (d_p, d_0) integris — d_r o 5%, wzgl. 2,5%. Powstanie tab. II. jak tab. I.

²¹⁾ W ogóle owijające.

§ 15. Odstęp prętów podłużnych²²⁾:

$$10 \text{ c/m} \leq s_0 \leq 25 \text{ c/m}.$$

§ 16. Przekrój kwadratowy²³⁾:

$$F_i = f_i F_r; f_i = 1.25 + 0.15 p \leq 2; p_p \geq \frac{1}{3} p_0. \text{ (I'', III', IV')}$$

Ze wz. III', IV':

$$p \leq 5\%; p_0 \leq 3.75\% \dots (\alpha, \beta)$$

§ 17. Przestrzega się²⁴⁾, aby:

$$p_0 \geq 0.5\%; p_p \geq 1.0\%,$$

więc (α, β): $p_0 \leq 3.75\%; p_p \leq 4.5\%$,

zaś $1.5\% \leq p \leq 5\%$,

wzgl. $1.47 \leq f_i \leq 2.0. \dots (1)$

§ 18. Żelazo zwoi a podłużne jest tu wyzyskane jednako (wz. III').

Ze względu jednak na ułatwienie w robocie, oraz większy wg. przepisów, opór, przeciw wybożeniu (§ 29)²⁵⁾ obieramy p_0 minimalne²⁶⁾.

§ 19. Zadania § 1 rozwiązuje (§ 2) tab. V.

U w a g a 1. Smukłość bezpieczna: $h/a \leq 12$ (§ 36).

U w a g a 2. Ob. § 10, uw. 2.

§ 20. Przekrój kołowy:

$$F_i = f_i F_r; f_i = 1.25 + 0.15(p_p + 2p_0) \leq 2;$$

$$p_p \geq \frac{1}{3} p_0 \dots (\text{I}'', \text{III}'', \text{IV}'')$$

Ze wz. III'' i IV'':

$$p_c = p_r + 2p_0 = p + p_0 \leq 5\%; p_0 \leq 2.14\% (\alpha', \beta')$$

§ 21. Przestrzega się, aby:

$$p_0 \geq 0.5\%; p_p \geq 1.0\%,$$

więc (α', β'):

$$p_0 \leq 2.0\%; p_p \leq 4.0\%,$$

zaś $1.5 \leq p \leq 4.5\%$,

wzgl. $1.55 \leq f_i \leq 2.0 \dots (1')$

§ 22. Żelazo zwoi jest wyzyskane tu o 2 razy więcej, niż podłużne (wz. III'').

Przeto w miarę możliwości stosujemy $p_p = 1.0\%$ (minimalne), tembardziej, iż i promień bezwładności dla $p_p = 1.0 \div 2.0\%$ mało się zmienia (§ 32).

§ 23. Zadania § 1 rozwiązuje (§ 2) tab. VI²⁷⁾.

U w a g a 1. Smukłość bezpieczna: $h/d \leq 10$ (§ 39).

U w a g a 2. Ob. § 11, uw. 2.

U w a g a 3. Ob. ods. 40. (Dok. nast.).

²²⁾ Pg. przep. holend. $s_p \leq 2 s_0$ (polskie niewyraźne).

²³⁾ Odsetki od F_r .

²⁴⁾ Przep. angielsk., ameryk. (polskie milczą).

²⁵⁾ Żelazo zwoi (i powłoka) przy wyznaczeniu „ σ ” pomija się.

²⁶⁾ Jednak (przep. ameryk.) $p_0 > \frac{1}{4} p_p$ (polskie milczą). Powstanie tab. V. Tworzymy dla $a_r = 42, 44 \dots$ i $p = 1.6, 1.8 \dots$ tab. F_i ; dla $p_p = 1.0, 1.2 \dots$ tab. F_p . Obieramy $F_p \approx F_i = 8, 12, 16 f$. Wyznaczamy (ods. 21) d_0 i s_0 tak, aby możliwie blisko $p_0 = 0.6, 0.8 \dots$

²⁷⁾ Powstanie tab. VI: Tworzymy dla $d_r = 42, 44 \dots$ i $p_c = p + p_0 = 2.2, 2.4 \dots$ tab. F_i . Zresztą j. tab. V.

Wiadomości z literatury technicznej.

Żelazo - beton.

— O słupach w budownictwie znajdujemy w *Beton u. Eisen* (1930, str. 36) krótki artykuł Empergera, który oświadcza się za słupami żelaznymi obetonowanymi i uzwojonymi. Emperger podnosi brak odnośnych przepisów obliczenia, co stoi na przeszkodzie używania i w praktyce.

— Naprężenia w prętach żelbetowych o osi zakrzywionej omawia prof. Domke w *Beton u. Eisen* (1930, str. 12). Przy ramach występują w miejscach załamania się osi znaczne naprężenia miejscowe, które staramy się zmniejszyć zaokrągleniem osi. Zazwyczaj obliczamy naprężenia w tych miejscach, jak w prętach prostych, gdy w rzeczywistości są to pręty w osi krzywej, a naprężenia dokładnie obliczone są znacznie większe. Autor podaje wzory dla obliczenia naprężeń z uwzględnieniem krzywizny osi, jakoteż inne wzory

dla projektowania. Z przykładów obliczonych wynika, że ciśnienia w betonie dokładnie obliczone są około 25% większe, a potrzebny przekrój wkładek żelaznych w tem miejscu także znacznie czasem 100% większy. Wobec tego należałoby, by inżynierowie obliczali w takim razie dokładnie naprężenia, względnie potrzebne wzmacnianie wkładek żelaznych.

— Doświadczenie ze słupami uzbrojonymi stałą wybożową opisuje Saliger w *Beton u. Eisen* (1930, str. 7). Uzbrojenie, wynoszące 4.3 do 8.8% wraz z uzwojeniem, które dostarcza się gotowe na plac budowy. Wytrzymałość stali wynosiła 7000 do 8000 kg/cm^2 . Słupy wykazały wielką wytrzymałość, mianowicie połowę wytrzymałości słupów żelaznych (St. 37) o tym samym przekroju. Ciężar łamiący P dał się wyrazić równaniem $P = F' \sigma_b + F_i \sigma_s + 3 F_0 \sigma_0$, przy czym F' jest przekrój rdzenia betonu po odciągnięciu F_i , σ_0 jest wytrzymałością drutu owijającego na ciągnięcie. Skorupa odpadała znacznie wcześniej przed złamaniem. Wy-

zyskać można całą wytrzymałość uzbrojenia podłużnego już dla uzwojenia $\frac{1}{3}\%$.

Dr. M. Thullie.

RECENZJE I KRYTYKI.

„Wyroby betonowe“ część II (Rury, słupy, chodniki, ogrodzenia, ławki, wyroby zdobnicze). Warszawa 1932.

Związek Polskich Fabryk Portlandcementu wydał już szereg książeczek popularnych o budownictwie betonowym. Siódma książeczka ma napis „Wyroby betonowe“, część II. Jest ona bardzo bogato ilustrowana i omawia rozmaite zastosowania betonu tak w budownictwie jak i w ogrodzie, na cmentarzu i t. d. Dokładne rysunki konstrukcyjne podnoszą wartość taniej (1 zł.) książeczki.

Dr. M. Thullie.

Kongresy i Zjazdy.

Pierwszy Narodowy Kongres Żeglugi. W dniach 19 i 20 czerwca r. b. odbędzie się w Warszawie w gmachu Politechniki I Narodowy Kongres Żeglugi.

Został on zorganizowany z inicjatywy Stowarzyszenia członków Kongresów gospodarki wodnej w Polsce, założonego po odbyciu w Warszawie w 1929 r. Zjeździe Hydrotechnicznym, i ma na celu omówienie w gronie fachowców oraz osób bliżej zainteresowanych, spraw tej części gospodarki wodnej, która dotąd nie miała poświęconego sobie specjalnego zjazdu — mianowicie: komunikacji wodnej.

Prace nadesłane na Kongres wydano już w postaci broszur, zawierających bądź to poszczególne referaty, bądź też po kilka złączonych wspólną treścią. Spis referatów oraz szczegółowy program Kongresu i połączonych z nim wybieżek podano w Nr. 8 z d. 19 kwietnia 1932 r. Wiadomości Związku Polskich Zrzeszeń Technicznych i Związku Polskich Czasopism Technicznych i Zawodowych.

Bliższych wiadomości udziela Komisja Organizacyjna Narodowego Kongresu Żeglugi w Warszawie, ul. Solec 2.

Inne pisma uprasza się o przedrukowanie niniejszej wiadomości.

REZOLUCJA

uchwalona przez XIV Zjazd delegatów Polskich Zrzeszeń Technicznych w Warszawie dnia 10 kwietnia 1932 r. w sprawie projektowanego zwinienia Ministerstwa Robót Publicznych.

ZWIĄZEK POLSKICH
ZRZESZEŃ TECHNICZNYCH.

Warszawa, 12 kwietnia 1932.

Do
PREZYDJUM RADY MINISTRÓW

w Warszawie.

Związek Polskich Zrzeszeń Technicznych, istniejący od lat 10-ciu, zaliczający do swego grona 7500 polskich inżynierów, a między nimi wybitnych profesorów wyższych uczelni technicznych, urzędników państwowych na wysokich stanowiskach, kierowników wielkich przedsiębiorstw przemysłowych i samego Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, jako Członka Honorowego Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie, i uważający się za uprawnioną reprezentację polskiego świata technicznego, przedkładał niejednokrotnie Władzom Państwowym memorjały w różnych sprawach państwowych i ofiarowywał Rządowi chętnie swoje usługi w celu wydania opinii o zamierzaniach i projektach Rządu.

Dotąd jednak Rząd nie korzystał z usług Związku, a jak się obecnie okazuje, powziął postanowienia o zwinie-

ciu jednego z 2 technicznych Ministerstw, bez wysłuchania naszego Związku.

Mimo to pozwalamy sobie zabrać głos w tej sprawie i mamy zaszczyt przedłożyć Prezydium Rady Ministrów uchwałę, powziętą na XIV-tym Zjeździe Delegatów Związku Polskich Zrzeszeń Technicznych, który się odbył dnia 10. kwietnia r. b. w Warszawie, z uprzejmą prośbą o łaskawe życzliwe rozpatrzenie.

Z wysokim poważaniem

Stanisław Rybicki mp.

REZOLUCJA.

Zjazd oświadcza, że uznaje zwinienie Ministerstwa Robót Publicznych, jako jednego z dwóch istniejących Ministerstw technicznych, jako szkodliwe dla sprawy publicznej, gdyż agendy techniczne, mające decydujący wpływ na rozwój gospodarczy i kulturę Kraju powinny być scentralizowane w jednym resorcie, pod kierownictwem Ministra-Inżyniera.

Rozstrzelenie agend technicznych między różne, zwłaszcza nie techniczne ministerstwa, byłoby szkodliwe ze względu, że: 1. przyniosłoby ujemną sprawność zawiadywania temi agendami i 2. nie przyniosłoby żadnych oszczędności, lecz przeciwnie, musiałyby spowodować zwiększenie kosztów administracji; 3. uniemożliwiłoby ustalenie jednolitego planu przeprowadzenia robót publicznych w Polsce, który z chwilą poprawy konjunktury gospodarczej będzie najważniejszym zadaniem Państwa i dlatego muszą być obecnie, w czasie zastojów, przygotowane programy budowy i plany robót, na podstawie dokonanych szczegółowych studjów.

Gdyby z jakichkolwiek powodów pozostawienie Ministerstwa Robót Publicznych w dotychczasowej formie nie było możliwym, w takim razie Zjazd uznaje potrzebę, aby wszystkie jego agendy zostały przeniesione do Ministerstwa Komunikacji, jako drugiego Ministerstwa, przy zmianie nazwy „Ministerstwo Komunikacji i Robót Publicznych“.

Zjazd uznaje wreszcie, że wobec scentralizowania agend komunikacyjnych w Ministerstwie Komunikacji do tego Ministerstwa powinna być przyłączona żegluga morska z portami morskimi i budownictwo morskie, zwłaszcza Gdynia, z całokształtem spraw komunikacyjnych i gospodarczych.

Ponadto Zjazd uprasza Rząd, aby ostateczny projekt organizacji wspólnego Ministerstwa Robót Publicznych i Komunikacji, jak również organizacji podległych mu urzędów II i I instancji, udzielił Związkowi Polskich Zrzeszeń Technicznych do zaopiniowania.

Zebrania i odczyty w Towarzystwie.

W dniu 6 kwietnia 1932 r. odbył się wieczór dyskusyjny celem ustalenia wniosków P. T. P. w sprawie bezrobocia na XIV Zjazd Delegatów P. Z. T., w dniu 18 kwietnia 1932 odczyt Inż. Kazimierza Mandybura p. t.: „Kotły wysokoprężne w ruchu“, w dniu 20 kwietnia 1932 odczyt Inż. Adama Krzyżanowskiego p. t.: „Koszty własne przewozów kolejowych“, w dniu 27 kwietnia 1931 odczyt Inż. Stanisława Rybickiego p. t.: „Bezpośrednie połączenie kolejowe Lwowa z Warszawą w związku z problemem zatrudnienia bezrobotnych“, zaś w dniu 4 maja 1932 odczyt Dr. Zygmunta Fuchsa p. t.: „Zadania Laboratorjów Aerodynamicznych“.

Do numeru 9-go dotacza się ulotkę Galicyjskiego Towarzystwa Naftowego „Galicia“ S. A. Lwów, ul. Kościuszki l. 8 o „Materiałach izolacyjnych wodochronowych i szczelnitowych“ do konserwacji i uszczelniania drzewa, papy, metali, muru, betonu i t. p. materiałów budowlanych.