

CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE

TOM 57

LWÓW, 25 MARCA 1939 R.

Nr 6

Prof. GILBERT E. DOAN

(Lehigh University, Bethlehem, Pa. U. S. A.)

Trwałe wartości w wykształceniu inżyniera.

Od tłumacza: Łaskawa uprzejmość Profesora G. E. Doan pozwala nam już po raz drugi unieść w Czasopiśmie Technicznym polski przekład Jego artykułu. Niniejszy artykuł, którego tytuł w oryginale brzmi: *Enduring Values in Engineering Education*, był przedłożony jako referat na posiedzeniu *Mineral Industry Education Division*, w *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, dnia 18 lutego 1937, a następnie ogłoszony drukiem w *Journal of Engineering Education*, Tom XXVII, No. 9, maj, 1937.

Chronologicznie wcześniejszy od zamieszczonego w ostatnim zeszycie Czasopisma Technicznego artykułu p. t. „Inżynier na stanowisku kierowniczym”, referat niniejszy stanowi doskonałe, rzeczowe uzupełnienie tamtego, dając miarę, do jakiego stopnia głoszone przez Autora poglądy już się w Stanach Zjednoczonych upowszechniły i ugruntowały. *Witold Aulich.*

Jeśli w imieniu naszego inżynierskiego stowarzyszenia zapytujemy któregoś z czołowych przemysłowców, czego — wedle jego mniemania — powinno się uczyć w studiach inżynierskich, słuchamy w uważnym nastroju, gotowi wyciągnąć ze słów jego realne wskazania. Jeżeli, jak się to często zdarza, rada brzmi, abyśmy studentów naszych uczyli mniej przedmiotów fachowo-technicznych, tak, aby nie pozbawiać młodzieży możliwości uzyskania w ciągu studiów wykształcenia ogólnego, to naturalnie nie jesteśmy zadowoleni. Gdyby wyroczenia zażądała od nas kursu w zakresie najmodniejszej specjalności w naszej dziedzinie, gdybyż choć domagała się bardziej wydatnego uczenia normalnych przedmiotów zawodowych, przyjęlibyśmy jej wskazówki z zachwytem i zabralibyśmy się na serio do ich wykorzystania. Ale gdy mówi: Obecnie uczycie Panowie swych studentów za wiele inżynierskiej technologii¹⁾, stoi to na przeszkodzie rozwinięciu u nich takich szerokich podwalin wykształcenia, jakich potrzebuje inżynier w służbie przemysłu“, wówczas pocieszamy się taką myślą: „ten człowiek oczywiście nie wie dobrze o czym mówi, on wyawansował w swoim zawodzie zbyt wysoko, aby mógł jeszcze wiedzieć, co się dzieje w czysto inżynierskich fazach jego zagadnień. Gdyby zdawał sobie sprawę, jakie

to nowe postępy powstały w dziedzinach flotacji, spawania i przewietrzania, żądałby, aby wszyscy młodzi inżynierowie przed opuszczeniem szkoły zapoznawali się z tymi rzeczami. Nie będziemy się przeto przejmowali tym, co nam powiedział dziś tak ogólnikowo i pompatycznie, o wartości wiedzy podstawowej i o pożyteczności wykształcenia humanistycznego w tym życiu pełnym surowego współzawodnictwa, i będziemy po prostu w dalszym ciągu uczyli dokładnie tego samego co dotychczas, tylko więcej i lepszymi metodami“.

Tak się też w rzeczy samej działo. Badanie przeprowadzone w roku 1929 przez *Society for the Promotion of Engineering Education* wykazało, że w pięciu uczelniach, uważanych za miarodajne dla szkół inżynierskich w kraju, 55 do 60% czasu poświęcano na przedmioty technologiczne (zawodowo-techniczne), 30 do 35% na wiedzę podstawową, a 13% na przedmioty o charakterze humanistycznym. Stan rzeczy w tych uczelniach zmieniał się mało, aż do obecnego roku akademickiego (1936/37), w którym *Massachusetts Institute of Technology* uczynił odważny krok, dla naprawienia tego braku równowagi.

Jak większość Panów, podobnie i ja przepędziłem dwadzieścia lat mego życia, ucząc się sztuki inżynierskiej i stosując ją w praktyce, ucząc jej, prowadząc badania i pisząc o niej, nie zawsze bez większych rezultatów. Jestem przejęty wielką ważnością jej udziału w rozwoju cywilizacji. Podobnie jak się rzecz ma u Panów, moje aktywa życiowe są zainwestowane w sztuce inżynierskiej, z czego mam nadzieję i nadal otrzymywać, jeżeli nie specjalne dywidendy, to przynajmniej zwykłe zyski. Ale zabieram tu głos aby wypowiedzieć przestrożę, że jeżeli w dalszym ciągu uparcie nie będziemy chcieli ujrzyć przedmiotów technologicznych (zawodowo-technicznych) w ich właściwym stosunku ważności do innych składników wykształcenia przed-dyplomowego, jeżeli w dalszym ciągu będziemy, jak dotychczas, dawali studentom za wiele technologii a za mało wykształcenia ogólnego, nasze życiowe udziały w tym przedsiębiorstwie kształcenia inżynierów zmaleją widocznie tak pod względem wartości jak i rentowności²⁾. Albo obniży się liczebność i jakość dopływu nowych

¹⁾ W języku angielskim, użytek wyrazu *technology* nie jest ograniczony jedynie do ciaśniejszego znaczenia wiedzy o przemysłowych procesach wytwórczych; w szerszym znaczeniu wyraz ten oznacza również systematyczne traktowanie wszelkich sztuk praktycznych i przemysłowych (*przyp. tłumacza*).

²⁾ Dużą większość szkół akademickich w Stanach Zjednoczonych stanowią instytucje prywatne, zwykle oparte o jakąś fundację, dla których ilość studentów wpisanych nie jest obojętna, chociażby ze względu na stronę finansową (*przyp. tłumacza*).

studentów, albo jakaś siła ponad-wydziałowa arbitralnie ograniczy dozwoloną ilość technologii w programach przed-dyplomowych, usuwając nas w ten sposób z naszego, szacunkiem otaczanego stanowiska wychowawców - nauczycieli, na stanowisko ciasnych speców - technologów, jeśli już nie instruktorów zawodowych. Spodziewam się, że weźmiemy inicjatywę w nasze własne ręce. Jestem pewny, że tak zrobimy.

Pokrótkie przedstawię Panom moje racje na poparcie twierdzenia, że programy szkół inżynierskich powinny zawierać więcej trwałych wartości edukacyjnych. Nie będę przy tym wysuwał moich osobistych zapatrywań, ale raczej będę się starał zebrać i przedstawić Panom zapatrywania grup najżywoniej zainteresowanych sprawą kształcenia inżynierów, a mianowicie, po pierwsze, naszych byłych uczni, po wtóre — przemysłu, który ich zatrudnia, po trzecie, czołowych jednostek w dziedzinie szkolnictwa technicznego, po czwarte, czołowych przedstawicieli w dziedzinie oświaty, i w końcu — naszego Rządu. Na początek, i to bardzo treściwie, spojrzymy na opinie uznanych leaderów w dziedzinie wyższego szkolnictwa technicznego.

Wm. E. Wickenden³⁾ dyrektor niedawno dokonanego, monumentalnego przeglądu wykształcenia inżynierskiego obu kontynentów, zaznaczył⁴⁾ w zakończeniu tej pracy, że w szkołach inżynierskich przyjętych przezeń za miarodajne, a to: *Mass. Institute of Technology, Cornell University, Pennsylvania State College, Purdue University* i *University of Wisconsin*, wymagano przeciętnie zaledwie 19 godzin przedmiotów humanistycznych, co na całość, wynoszącą 144 godzin stanowiło 13%. Wickenden zaproponował podniesienie tego wymiaru do 17%, prowadząc nieprzerwaną wstęgę „po trzy godziny przedmiotów humanistycznych przez całe cztery lata studiów“. Ten wniosek został postawiony jeszcze przed społecznym i gospodarczym kryzysem z lat 1929—32. Dziś, patrzymy na Wickendena, jak na proroka.

Carl T. Compton, Prezydent *Massachusetts Institute of Technology* mówi: „Sądzę, że nasze kryteria dla szkół prawdziwie inżynierskich powinny zawierać możliwe najlepsze zasadnicze przygotowanie w naukach ścisłych i podstawowych przedmiotach inżynierskich, oraz nieco specjalizacji, przy bardzo znacznej uwadze, skierowanej na sprawę stanowiska społecznego i społecznych zagadnień inżyniera⁵⁾. Mówił on z przekonaniem, o czym świadczy wprowadzenie przez *Mass. Inst. of Technology* w tym roku (1936/37) cytowanych powyżej propozycji Wickendena.

R. E. Doherty pisał w roku 1934: „Zdaje mi się, że zalecenia *S. P. E. E.* są słuszne w całym swym zasięgu, jak również, że jest zupełnie

możliwym, iż bardziej czynne i ogólne ich uznanie postawiłoby sprawę kształcenia inżyniera na właściwszym miejscu, niż obecnie zajmowane“. Rozszerzył on znaczenie swoich słów następująco: „Ważność usunięcia z mory specjalizacji ze studiów przeddyplomowych, ze względów edukacyjnych nie może być dość silnie podkreślana“. Dr Doherty, jest mężem o wielkim doświadczeniu zawodowym, nabytym w Steinmetzowskiej grupie przemysłowej, obecnie zaś jest Prezydentem w *Carnegie Institute of Technology*. „Moim zdaniem, jednym z najdotkliwszych braków w programach naszych szkół inżynierskich jest brak zrównoważenia kulturalnego. Tam, gdzie tego zrównoważenia brakło, intelekt studenta był dosłownie ogłodzony z witamin światopoglądu humanistycznego, w skutek czego popadał w stan technicznego rachityzmu, jakiejś drewnianej obojętności na sprawy leżące poza dziedziną techniczną⁶⁾).

Przytoczone opinie wykazują rzeczywiście godną uwagi jednomyślność i moc przekonania wśród uznanych kierowników wyższego szkolnictwa technicznego. Nie są to dorywcze decyzje, ale na przestrzeni lat od 1927 do 1937 pokrywają one okres największego społecznego i gospodarczego wstrząsu naszych czasów.

A teraz spojrzymy na zapatrywania kierowników naszego przemysłu. Może kierownicy inżynierskiego szkolnictwa są w błędzie? Może — wbrew ich zdaniu — przemysł żąda od naszych elewów jak najwięcej technicznego wykształcenia bez względu na to, czy ich wykształcenie jest gruntowne, czy nie?

Aby zbadać, co sądzą o tym naczelni kierownicy concernu *General Motors*, przeprowadził Mr. Glancy, jeden z vice - prezesów, staranny wywiad. W swym sprawozdaniu pisze on: „Kierownicy przemysłu motorowego, wszyscy co do jednego, nie widzą potrzeby specjalizowania studentów chociażby tylko w konstrukcji motorów wybuchowych, a to nie dlatego, że te konstrukcje mogą być przestarzałe już w chwili uzyskania dyplomu, ale ponieważ więcej potrzebnym jest dla nas zupełne opanowanie przedmiotów podstawowych“.

Mr. Carrier, Prezes firmy tegoż imienia budującej urządzenia wentylacyjne (*air conditioning*), ostatnio, na zapytanie jednego ze studentów Uniwersytetu *Lehigh*, odpowiedział: „Jeśli chcesz Pan po dyplomie zająć się działem wentylacji, nie powinienes Pan wcale przedmiotu tego studiować w Uniwersytecie. Niech się Pan raczej uczy rzeczy podstawowych, na których się opiera technika wentylacji“.

Mr. Sloan, przewodniczący Rady *Tow. Kolei Missouri, Kansas and Texas*, wypowiada się z jeszcze większym naciskiem. Mówi on: „Dyplomanci szkół inżynierskich są często ofiarą przesadnie intensywnego kształcenia technicznego, które wykorzystało w nich lub też wcale nie rozwinęło innych składników, koniecznych aby móc z technicznego wykształcenia należycie korzystać, koniecznych dla ich trwałej i wzrastającej użyteczności w organizacji, w której

³⁾ Prezydent, *Case School of Applied Science*, Cleveland, Ohio.

⁴⁾ *Journal of Engineering Education*, 1926/27, str. 797.

⁵⁾ *Journal of Eng. Education*, październik, 1932, str. 75.

⁶⁾ *Journ. of Eng. Educ.*, wrzesień, 1934, str. 35.

technicy stanowią tylko część całości. Przemysł, potrzebuje ludzi z ogólnym i podstawowym wykształceniem tak szerokim, aby techniczne wykształcenie zajmowało u nich odpowiednie miejsce, nie stając się jednak całością". Pan Sloan był poprzednio Prezesem w *Brooklyn Edison Company*.

Mógłbym tę liczbę uzupełniać — podobnie jak moglibyście to zrobić Panowie sami — nazwiskami ludzi takich, jak Willis R. Whitney, R. I. Rees i wielu innych, którzy w wyniku własnych doświadczeń w przemyśle przejęli się głęboko powyższym poglądem.

Nawet jeżeli znany specjalista przybywa na zaproszenie swej *Almae Matris*, aby opowiedzieć studentom, jak się z powodzeniem buduje karierę inżynierską, czy mówi on: „posiadźcie w czasie studiów wszystkie techniczne specjalności“, czy też kładzie całkowitą wagę swego autorytetu na podkreślenie braku ludzi dobrze opanowujących podstawy teoretyczne i posiadających ogólne wykształcenie humanistyczne? Czy mówi on „specjalizujcie się na uniwersytecie!“, czy też: „zdobądźcie na uniwersytecie trwałe wartości, a specjalizujcie się później!“.

Z następną grupą uczonych i przywódców w dziedzinie oświaty możemy załatwić się bardzo treściwie. Jessup, przewodniczący *Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*, Flexner z *Institute for Advanced Study*, Hutchins z Chicago, z *Lowell Medical Commission*, łączą swe głosy w poważnym żądaniu, aby specjalizację odsuwać na później, a w pierw dawać solidną podbudowę o trwałej wartości.

A cóż mówią dawni wychowankowie naszych szkół inżynierskich o programach, nad którymi spędzili cztery lata? Zapytajmy ich przy sposobności (zapewniwszy w pierw, że w ocenie ważności naszej własnej specjalności potrafimy stanąć na gruncie obiektywnym), a z łatwością wysondujemy ich rzeczywiste zapatrywania. Powiedzą oni, że po dwu lub trzech awansach w praktyce, trzy czwarte ich zagadnień i odpowiedzialnych zadań należy do zakresu humanistycznych, a nie technicznych. Jeśli się rzeczy tak mają, to czy stać młodzieńca na to, aby spędził większą część swych czterech lat akademickich studiów przygotowując się na pierwsze pięciolecie swego życia zawodowego? Czy też powinno się oczekiwać, że wykształcenie akademickie zaopatrzy go w fundament, wystarczający na całe życie? Inżynierowie, którzy w życiu mieli prawdziwe powodzenie, patrzą z żalem na dużą część swej specjalizacji w uniwersytecie i na swój brak szerszych punktów widzenia, jako platformy, na której by mogli rozważać swoje główne zagadnienia. Nawet w pracy badawczej i konstruktorskiej zdarza się, że tak zwane praktyczne kursy technologiczne dają względnie małą korzyść w porównaniu z podstawowymi kursami fizyki i chemii. I nie powinniśmy też zapomnieć, że wedle Prezydenta Compton'a mniej niż połowa absolwentów szkół inżynierskich idzie w życiu do zawodu inżynierskiego. Czy druga ich połowa ma być pozbawiona również i szans, jakie dają trwałe wartości w wykształceniu?

W końcu, jak to większości Panów wiadomo, Prezydent Stanów Zjednoczonych, wraz z grupą swych technicznych doradców w sprawach dotyczących projektów wielkich robót ochronnych o cało - państwowym zasięgu, w swym liście do stu prezydentów instytucji kształcących inżynierów daje wyraz wątpliwościom, czy programy szkół inżynierskich są tak zrównoważone, aby mogły dawać przyszłym generacjom inżynierów twórczą wyobraźnię i przystosowywalność ich technicznego wykształcenia, w stopniu potrzebnym, aby sprostać odpowiedzialnym zadaniom inżynierskim w całym ich zakresie. To jest pytanie, dla którego rozważenia zebraliśmy się. Odpowiedź na nie pozostawiam już ocenie Panów. Z taką jednomyślnością opinii wśród rozmaitych zainteresowanych grup rzadko się spotykamy w jakichkolwiek sprawach pilnych, ogólnego, społecznego znaczenia. Jak widzimy, zarzuty kierują się nie przeciwko specjalizacji, ale przeciwko przedwczesnej specjalizacji, której towarzyszy brak podstawowego wykształcenia w przedmiotach humanistycznych. Może byłoby słusznym, aby ten fundament dawały szkoły średnie, podobnie jak się to dzieje w Europie⁷⁾, ale zadaniem, jakie stoi przed nami, wychowawcami inżynierów, jest powzięcie decyzji, czego potrzeba najwięcej tym młodzieńcom, którzy przychodzą do nas w dzisiejszych warunkach.

Jeśli z jednej strony kierownicy szkół inżynierskich, z drugiej zaś przewodnicy przemysłu, wybitni w swym zawodzie inżynierowie i rząd narodowy, zgodnie żądają zwiększenia treści humanistycznej a zmniejszenia specjalizacji technicznej w wykształceniu przed-dyplomowym inżynierów, to niechże mi kto powie, czy jest możliwym stanowisko odmowne? Siłą faktu, odpowiedź może być tylko jedna. Ci, którzy decydują o programach studiów inżynierskich, wiedzą, że w większości wypadków rodzice studentów posyłają ich na uniwersytet, aby się wyczyli specjalności, lub po prostu zawodu. Większość tych rodziców nie uczęszczała na uniwersytet⁸⁾. Mają oni mało, lub nie mają w ogóle podstaw do wydawania sądów przy planowaniu wykształcenia synów. W ciągu swego życia byli świadkami powodzenia wielu specjalistów, i chcieliby, aby syn się specjalizował, posyłają go więc do tego uniwersytetu, który uczy wielu specjalności. Już w uniwersytecie ambitny chłopak spotyka pełnego entuzjazmu profesora - specjalistę, i z miejsca daje się porwać zapałowi do opanowania ograniczonego pola, na którym chce zrobić swe imię i majątek. Nauczyciel życie swoje poświęcił tej specjalności. Dumny jest z postępów na tym polu i z dumą roztacza osiągnięte cuda przed oczyma chłopców. Chłopcom

⁷⁾ Niestety, powojenne reformy szkolne zburzyły w szkolnictwie krajów europejskich niejedno, na co dawniej z zazdrością spoglądały kraje kontynentu amerykańskiego (przyp. tłumacza).

⁸⁾ Dla lepszego zrozumienia ostatnich ustępów tego artykułu należy dorzucić, że w Stanach Zjednoczonych bardzo wielki procent słuchaczy szkół inżynierskich stanowią synowie rodzin drobnomieszczańskich i lepiej zarabiających sfer robotniczych (przyp. tłumacza).

się to podoba. Płoną entuzjazmem. Pracują usilnie. Wykluczają wszelkie inne zainteresowania, po pierwsze, z konieczności, aby utrzymać swoje postępy, po wtóre, ponieważ nie zdają sobie sprawy z istnienia innych pól pracy. Jakież rezultaty mogłyby bardziej rozgrzewać serce i podtrzymywać napływ nowych studentów do nauczycieli - specjalistów?

Ale, cóż się dzieje, gdy student ukończy studia? Czy trzyma się on swojej wyspecjalizowanej kariery? Czy też może zupełnie naturalnie chwytą najlepszą z zaoferowanych posad bez względu na to, czy leży ona w zakresie jego specjalnego pola, czy nie; w wielu wypadkach bez względu na to, czy jest to posada techniczna, czy nie? Rodzice, a często i nauczyciele podtrzymują go w tej decyzji. Wtedy może żałuje złej inwestycji, jaką uczynił przez przedwczesną specjalizację, w której kierunku dalej nie idzie, ale już jest za późno. Jednakowoż, w czasie pobytu w szkole widział on wartość przedmiotów, które studiował, nawet jeżeli nigdy z nich potem nie miał korzystać. Czemuż tedy żałować tego, co się stało w okresie życia, który — na ogół biorąc, — był radosny?

Nikt nie zaprzeczy, że entuzjastyczne zajęcie się studenta specjalnością miało dlań pewną wartość, nawet gdyby się nie spotkał z nią już wcale w ciągu swej późniejszej zawodowej kariery. Późniejsi pracodawcy jego stawiają jednak zarzut, że czas ten mógł być spędzony w sposób o wiele korzystniejszy, na nauce tego, co powinno stanowić tło i perspektywę dla wykształcenia technicznego, na przyswojeniu sobie zrozumienia społecznego stanowiska i zagadnień inżyniera, jak to powiedział Compton; na zrównoważeniu jego diety tak, aby mógł uniknąć technicznego rachityzmu; na daniu mu okazji do rozwinięcia „poglądu i przystosowywalnych technicznych zdolności, dla sprostania odpowiedzialnym zadaniom inżynierskim w całym ich zakresie“.

W ramach tego krótkiego odczytu nie będę

Prof. Dr Inż. WŁODZIMIERZ BURZYŃSKI

W obronie słusznych pojęć i dobrych zwyczajów w nauce.

Notatka ta nie przedstawia zapewne nic nowego. Stanowi ona obszerniejsze powtórzenie tego, co miałem sposobność niedawno powiedzieć zabierając głos w dyskusji na pewnym odczycie, w którym zasłaniając się rzekomą opinią warszawskich sfer naukowych starano się podważyć autorytet cennych rozwiązań i ugruntowanych definicji z dziedziny teorii sprężystości. Okoliczności zmuszają mię do publicznego wystąpienia w tej nieskomplikowanej sprawie.

Parametrami rozwiązań teorii sprężystości są stałe sprężystości, wymiary geometryczne układu nadto dane z góry przemieszczenia brzegowe i obciążenia powierzchniowe. Zmiennymi nienależnymi są współrzędne punktu. Rozmieszczenia tych parametrów i zmiennych w rozwiązaniu matematycznym zagadnienia nie zwraca na ogół uwagi. Zdarza się jednak, że ugrupowa-

próbował kreślenia sposobów osiągnięcia takiej równowagi programów. Światło pochodzące od największych umysłów wszystkich wieków, jakie na nasze wiecznie trwałe zagadnienia rzucają klasyczne dzieła historii, literatury i filozofii, wskaże kierunek, w jakim zdążają myśli zarówno moje, jak myśli zawarte w propozycji Wickendena i w projektach *Mass. Inst. of Technology*. Są ludzie, którzy z urodzenia są tylko technikami, i nie są w stanie korzystać z innego wykształcenia, jak tylko czysto zawodowe. Powinny być w Ameryce szkoły kształcące młodzież tego typu. Ale żadnego uzdolnionego studenta szkół inżynierskich nie powinno się pozbawiać sposobności przyswojenia sobie trwałych wartości prawdziwie inżynierskiego wykształcenia.

Dotychczas dawaliśmy się wygodnie unosić prądom. Napływ przy wpisach utrzymywał się na poziomie. Nasi dyplomanci, wśród zbytku zajęć nie mieli czasu na introspektywne rozważania. Przemysł uważał rygorystyczne kursy inżynierskie za dobre sito do odsiewania tych, którzy nie są w stanie odpowiedzieć warunkom trudnych egzaminów. Kierownicy przemysłu pozostawiali szkołom inżynierskim wolną rękę, rozważnie udzielając rad tylko wtedy, gdy ich o nie specjalnie proszono. Ale jeżeli wychowawcy inżynierów zdadzą sobie sprawę, a mam przekonanie, że tak będzie, iż najwartościowszą rzeczą, jaką młodzieniec może otrzymać w ciągu swych czterech lat uniwersyteckich są podwaliny wykształcenia w zakresie wiedzy podstawowej i przedmiotów humanistycznych, w przeciwstawieniu do wyspecjalizowanego wykształcenia technicznego, to znam ich zbyt dobrze, aby mógł wątpić, że potrafią się wznieść do wiernego wypełnienia tego poważnego obowiązku, jaki włożyło na nich zaufanie studentów i ich rodziców.

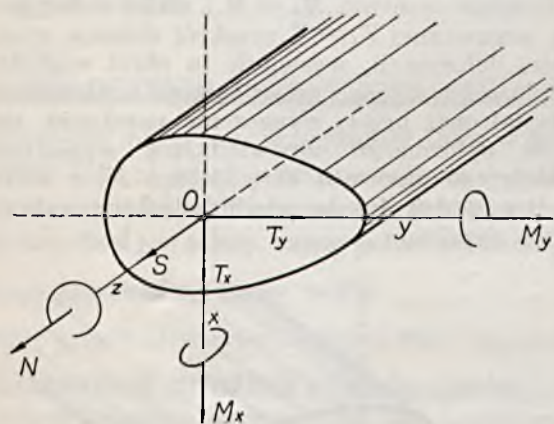
Przy tak jednomyślnym poparciu tego kierunku przez najważniejsze zainteresowane grupy jestem pewny, że punkty widzenia rodziców i młodzieży mogą szybko ulec skorygowaniu.

nie tych wielkości w rozwiązaniu końcowym jest tak dalece charakterystyczne, iż wprowadzenie dla takich zespołów celowych skrótów i stosownych nazw staje się nieomal narzucającą koniecznością. Dzieje się tak zawsze, gdy rozważany układ przedstawia szczególnie kształt geometryczny. Do takich ustawicznie w praktyce powtarzających się układów należą pręty i łuki, płyty i powłoki. Skrótami, o jakich tu mówimy, są powszechnie znane i cenione pojęcia siły podłużnej i poprzecznej, momentu skręcającego i zginającego.

Przyjmijmy w dalszym ciągu dla uproszczenia tematu, że układem rozważanym będzie pręt prosty i przyrzutowy. Nieodłącznym zabiegiem myślowym, towarzyszącym każdemu rozważaniu z dziedziny teorii sprężystości nad układem tego rodzaju, jest wykonanie przecięcia pręta w sto-

sownym na ogół dowolnym miejscu i odrzucenie jednej z powstałych w ten sposób części przy równoczesnym zastąpieniu jej działaniem na część pozostawioną odpowiednimi siłami. Działanie to znachodzimy sprowadzając siły odrzuconej części do stosownie obranego punktu wykonanego przekroju i rozkładając je w kierunku celowo przyjętych osi.

Sprawy te są tak proste, że pisanie o nich wywołuje pewne zakłopotanie. Przekrój wykonujemy płaszczyzną prostopadłą do tworzących pręta. Za środek redukcji przyjmujemy środek masy przekroju O . Jest to naturalny punkt przekroju w matematycznym rozumieniu tego terminu. Jedną z osi prostokątnego układu współrzędnych np. oś z przesuujemy przez punkt O prostopadłe do płaszczyzny przekroju. W stanie nieodkształconym prosta ta jest przeto równocześnie osią pręta. Dwie prostopadłe osie układu x i y możemy przyjąć dowolnie w płaszczyźnie przekroju. Ponieważ każde dowolne przyjęcie wymaga obszernego opisu i wzamian prowadzi do komplikacji rachunkowych, przeto wyzyskujemy tę dowolność w sposób bardzo celowy. Prostym x i y nadajemy położenie głównych środkowych osi bezwładności przekroju. Opis dodatkowy jest zbędny; osie te są bowiem naturalnymi prostymi przekroju. Sprowadzając siły odciętej części układu do środka masy przekroju O i rozkładając je w kierunku przyjętych wyżej osi układu otrzymujemy trójkę sił i trójkę momentów, a to: siły poprzeczne T_x , T_y i równoległą do osi z siłę podłużną S nadto momenty zginające M_x , M_y i skręcający dokoła osi z moment N (ryc. 1).



Ryc. 1.

Oczywiście możemy redukcję sił przeprowadzić z uwagi na zupełnie dowolny inny punkt przekroju a uzyskane w ten sposób wpływy rozłożyć w kierunku inaczej przyjętych osi. Tak uzyskane jednak siły i momenty nie mogą być nazwane w ten sposób jak powyżej wprowadzona szóstka T_x , T_y , S , M_x , M_y , N . Wszelkie próby modyfikacji tych definicji będą zawsze kategorycznie zwałczane. Posiadam potrzebne do tego upoważnienia naukowe.

Aby nie być źle zrozumianym, muszę w tym miejscu wyrazić pewien pogląd: Nie ma teoretycznie rzecz biorąc potrzeby wprowadzania do nauki sprężystości pojęć w rodzaju niedawno wyjaśnionych. Potrafimy podać funkcje określają-

ce stan napięcia czy też odkształcenia — a to jest głównym zadaniem teorii sprężystości — nie stosując w ogóle nazw w rodzaju: siła poprzeczna, moment zginający itp. Historia jednak poucza, że wprowadzeniu tych pojęć poza skróceniem formuł zawdzięczamy bardzo dużo. Wystarczy jeśli wspomnę o najrozmaitszych uogólnieniach uzyskanych z rozwiązań przypadków bardzo prostych. Dzięki tym uogólnieniom posiadamy wystarczająco przybliżoną teorię prętów prostych pozwalającą nam rozwiązać dość skomplikowane przypadki szczególne, dla których matematyczna teoria sprężystości do dziś nie posiada odpowiedniego rozwiązania. Jeśli jednak tak rzecz się przedstawia, to słusznym jest nie tylko nie wyzywać się tych zwyczajowych i uzasadnionych skrótów, lecz pielęgnować je i to w takiej postaci w jakiej dotychczas się utrzymały i do jakiej powszechnie się przyzwyczailiśmy. Jeśli ich definicje będziemy nieostrożnie zmieniać to dopuścimy do zamętu, który na pożytek nauki nigdy nie wyjdzie.

Pojęcia środka masy, kierunków głównych bezwładności, redukcji sił i wynikające stąd definicje siły poprzecznej i podłużnej, momentu zginającego i skręcającego są dostępne studentowi politechniki na pierwszym roku jego studiów. Wprawdzie zasadniczy cel wprowadzenia tych terminów ujawnia się nieco później, nie mniej jednak możliwość wyłożenia odnośnych partii w terminie wcześniejszym ma bardzo duże znaczenie. Oczywiście, że istnieją zagadnienia, w których niektóre z wyłożonych wielkości zależą od ewentualnej deformacji układu, ale właśnie tam okazuje się jak dalece korzystnym jest fakt, że wielkości te zostały wprowadzone w tok wykładu mechaniki technicznej wcześniej i pozwoliły studentowi oswoić się z nimi w należyтым stopniu. Jest to dodatkowy argument przemawiający za tym, aby w istniejącej harmonii nie psuć niczego przez wprowadzanie nieprzemyślanych dostatecznie zmian.

Wprowadzonym tu wpływem wewnętrznym odpowiadają w układach odkształcalnych pewne określone skutki. Zanim o nich wypowiemy się, zwróćmy uwagę na przypadkowe ubóstwo terminologii polskiej w tej dziedzinie. Zastanówmy się np. co może oznaczać powiedzenie: „zachodzi tu wypadek skręcenia“. Otóż tekst ten jest dwuznaczny albowiem dopuszcza równie dobrze interpretację statyczną jak i geometryczną. Jeśli mianowicie na przekrój działa moment skręcający N , to bezsprzecznie zachodzi tu wypadek skręcenia. Jeśli dwa sąsiadujące przekroje względem siebie się skręca, to oczywiście tu też zachodzi wypadek skręcenia. Zważmy jednak, że dwa przekroje mogą się względem siebie skręcić bez działania momentu skręcającego. Zatem istotnie stwierdzamy tu dwuznaczność nomenklatury. Uniknięcie tej dwuznaczności przez wprowadzenie zmiany w definicji momentu skręcającego jest jedynym argumentem usprawiedliwiającym częściowo próby tego rodzaju zmian. Że usprawiedliwienie to jest niewystarczające — za chwilę zobaczymy.

Wpływy T_x , T_y , S , M_x , M_y , N wywołują odkształcenie układu. Niektóre części tej deforma-

cji dadzą się wyrazić jednym parametrem, inne wymagają opisu obszerniejszego. Unikając, pod kreślonej przed chwilą wieloznaczności, możemy dla pierwszej grupy wprowadzić terminologię zapożyczoną z mechaniki ciała sztywnego; należy tu zatem przesunięcie względne przekroju i obrót względny przekroju. Dla drugiej grupy nie dysponujemy nomenklaturą szczególną, co też jest zbędne; należy tu w ogóle deformacja przekroju więc jego spaczenie czy wybrzuszenie. Poszczegól- nym wpływom statycznym możemy przyporządkować pewne skutki geometryczne jednak zgrupowane w ten sposób, że jednoznaczne przyporządkowanie odwrotne nie zawsze jest możliwe. Dzieje się tak albo dzięki temu, że pewnemu wpływowi statycznemu odpowiadają w skutkach dwa odmienne rodzaje deformacji — a wtedy podanie jednego typu deformacji dla celów znalezienia odnośnej przyczyny nie charakteryzuje wystarczająco sytuacji — albo też dzięki temu, że pewien stan geometryczny może być równie dobrze wywołany działaniem przyczyny statycznej jak też innej zupełnie odmiennego charakteru. Tak np. działaniu siły podłużnej S odpowiada względne przesunięcie przekroju. Ba, ale względne przesunięcie przekroju można z łatwością wywołać równomiernym podwyższeniem temperatury pręta.

Dla dalszej dyskusji znaczenie mają przede wszystkim dwa szczególne przypadki z teorii prętów prostych a to skręcania i nierównomiernego zginania. Punktem wyjścia są tu dwie przełomowe w tej dziedzinie prace Saint - Venanta z lat 1855 i 1856. Prace te nie są mi w tej chwili dostępne w oryginale, prawdziwość jednak faktów, które zapadam może być potwierdzoną przez źródła wtórne wszystkim dostępnym i całkowicie wiarygodne. Może wystarczy, jeśli powołam się na przepiękną, zasługującą na szacunek wszystkich zainteresowanych książkę angielskiego uczonego A. Love'a.

Jeśli na przekrój działa jedynie moment skręcający N , to rozwiązanie tego problemu sprowadza się w matematycznej teorii sprężystości do znalezienia funkcji $\varphi(x, y)$ czyniącej zadość wewnątrz konturu równaniu różniczkowemu:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0,$$

a na brzegu przekroju warunkowi:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = y \cos(x, n) - x \cos(y, n),$$

w którym n oznacza kierunek normalnej zewnętrznej do brzegu. Z uwagi na nieobecność wpływów T_x i T_y możemy tu — co wynika z teorii redukcji układu wektorów liniowych — obliczyć N z uwagi na dowolny punkt przekroju. Dla zupełności dodajmy, że osie odniesienia x, y mogą w podanym rozwiązaniu zajmować dowolne położenie w płaszczyźnie przekroju.

Jeśli w dowolnym przekroju pręta działa stała siła poprzeczna T_x , a zatem liniowo wzdłuż osi pręta zmienny moment zginający M_y , a pozostałe wpływy nie istnieją, to rozwiązanie matematycznej teorii sprężystości sprowadza się do znalezienia funkcji $\varphi(x, y)$ jak w teorii skręcania,

nadto funkcji $\psi(x, y)$ spełniającej wewnątrz przekroju równanie różniczkowe:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0$$

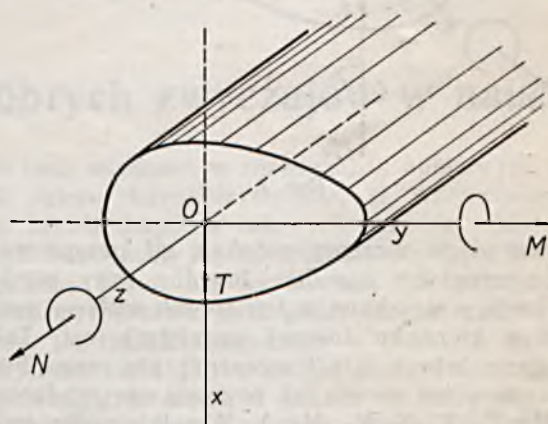
na konturze zaś warunek brzegowy:

$$\frac{\partial \psi}{\partial n} = -\frac{1}{2} [\mu x^2 + (2-\mu)y^2] \cos(x, n) - (2+\mu)xy \cos(y, n),$$

w którym μ oznacza ułamek Poissona. Tutaj w obu funkcjach osie x i y są środkowymi i głównymi osiami bezwładności przekroju.

Oba rozwiązania Saint - Venanta są ogólnie w tym znaczeniu, że odnoszą się równie dobrze do przekrojów symetrycznych jak i niesymetrycznych. Powtarzam jeszcze raz: Obie teorie są ściśle w tym samym stopniu dla przekrojów niesymetrycznych co i dla symetrycznych. Wygłaszanie odmiennych poglądów i rozsiewanie tego rodzaju fałszywych oświadczeń jest identyczne z wprowadzaniem złych zwyczajów do nauki. Zważmy, że Saint - Venant nie żyje. Natomiast zgodnie z prawdą wypada tu dla uniknięcia jakichkolwiek nieporozumień dodać, że przechodząc od teorii do zastosowań opracował liczebnie Saint - Venant tylko przekroje symetryczne. Nie przynosi to jego teoriiom żadnej ujmny.

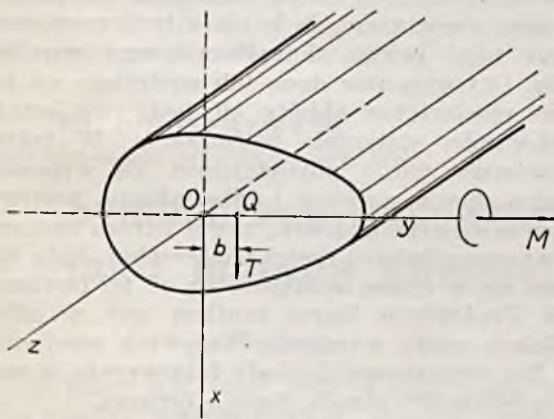
Przejdziemy obecnie do zdefiniowania pewnego dodatkowego punktu w płaszczyźnie przekroju. Pod działaniem momentu skręcającego N przekrój doznaje dwójakiej deformacji; następuje mianowicie obrót względny dokoła osi z i wybrzuszenie przekroju. Pod działaniem liniowo zmiennego momentu $M_y = M$ i stałej wobec tego siły poprzecznej $T_x = T$ przekrój doznaje wielorakiej deformacji; występuje tu obrót względny dokoła osi y , ukośne ustawienie go względem osi odkształconej pręta, wypaczenie przekroju, lecz nadto deformacja odpowiadająca wypadkowi istniejącego momentu skręcającego N , a zatem obrót względny dokoła osi z i dodatkowe wybrzuszenie przekroju.



Ryc. 2.

To szczególne nagromadzenie różnych typów odkształcenia nasunęło już dawno pewną kalkulację zresztą zupełnie prostą i zrozumiałą. Skoro w obu oddzielnie wyżej cytowanych wypadkach możliwy jest obrót względny dokoła osi z , to przez połączenie ich obu można przy stosownym dobo-

rze wartości algebraicznych odnośnych wpływów uniknąć — jeśli to jest potrzebne — owego obrotu. Jeśli mianowicie w wypadku drugim, to jest określonym wielkościami T , M , ów kąt wynosi: — α , do wywołania zaś w wypadku pierwszym takiego samego kąta potrzebny by był moment: — N , to unikniemy tego obrotu realizując wypadek: T , M , N (ryc. 2). Jednakże odniesiona do środka masy O siła poprzeczna T z dołączonym momentem N jest statycznie równowarta takież sile T bez momentu przesuniętej o odcinek $b = \frac{N}{T}$ względem O . Odnosząc przeto wpływy do dowolnego punktu prostej równoległej do siły T oddalonej od środka masy przekroju O o odcinek b możemy wypadek skombinowany przedstawić z powrotem za pomocą dwójki wektorów T , M (ryc. 3).



Ryc. 3.

Możemy rozważyć wypadek ogólniejszy od tu podanego. Okaze się, że dla każdego kierunku T_y/T_x siły poprzecznej $\sqrt{T_x^2 + T_y^2}$ istnieje odnośna prosta jako miejsce geometryczne możliwych środków redukcji. Wszystkie tego rodzaju przesunięcia względem środka masy proste przecinają się w jednym punkcie Q . Punkt Q nazywamy środkiem naprężeń stycznych, środkiem skręcenia itp. Znaczenie jego jest — jak widzimy — bardzo proste. Gdy składowa sił odrzuconej części układu, równoległa do płaszczyzny przekroju, redukuje się do siły przechodzącej przez punkt Q , to deformacja układu jest wolną od obrotu względnego około osi z . Z rozważań kinematycznych jest nam wiadome, że nie wystąpi zatem w ogóle obrót dokoła dowolnej innej prostej równoległej do osi z . Zgodnie z przyjętą przez nas definicją dodajmy dla zupełności, że siła T przechodząca przez punkt Q nie jest siłą poprzeczną; jest nią zaś siła T przechodząca przez punkt O . Po prostu przypominamy, że dwie siły równe nie są jeszcze dwiema siłami równowartymi.

Musimy w tym miejscu obiektywnie podkreślić, że wypadek istniejącego momentu M i siły T przechodzącej przez środek skręcenia przekroju w efektach matematycznych teorii sprężystości przedstawia się prościej aniżeli wypadek istniejącego momentu M i takież sile T przechodzącej przez środek masy przekroju. Nie tylko bowiem upraszczają się re-

zultaty geometryczne w takim przypadku, lecz również składowe stanu napięcia i stanu odkształcenia wyrażają się tu mniejszą ilością dodajników. Redukując przeto oba wypadki do punktu O , dochodzimy do dziwnego przekonania, że przy pewnych wartościach szczególnych — ale tylko przy szczególnych — wypadek T , M , N jest prostszy od wypadku T , M .

Ten szczególny zbieg okoliczności może skłonić do pochopnego poglądu, iż należałoby wziąć rozbrat z dotychczasowymi definicjami odnoszącymi wpływy części odrzuconej do środka masy O i zastąpić je analogicznymi wprowadzając jako środek redukcji środek skręcenia Q . Otóż — doceniam całkowicie teoretyczne i konstrukcyjne znaczenie istnienia punktu Q , lecz — jak to już zaznaczyłem — jestem całkowicie przeciwny wprowadzaniu jakichkolwiek zmian w dotychczasowych słusznych określeniach siły podłużnej i poprzecznej, momentu skręcającego i zginającego. Jedne z przyczyn takiego stanowiska można podać zaraz, inne wymagają dalszego rozwinięcia tematu.

Jak z dotychczasowego przedstawienia rzeczy wynika określenie środka skręcenia i jego znaczenia może być przedmiotem badań mechaniki układów odkształcalnych. Istotnie w wykładach moich zapoznają z tym pojęciem studentów dopiero w drugim roku ich studiów. Ulegając więc niewłaściwym sugestiom, o jakich przed chwilą wspomniałem, należałoby tak dotychczas proste określenia jak siły poprzecznej, momentu skręcającego itp. przerzucać do partii wykładowej, którą można z korzyścią wyzyskać w inny sposób. Równocześnie zaś piętrzyłoby się trudności zrozumienia wykładu przez równoczesne gromadzenie nowych pojęć. Zauważyć bowiem trzeba, że nie o owe określenia wstępne chodzi w teorii sprężystości, lecz o skutki nimi wywołane. Nie przyniosłoby to oczywiście żadnych korzyści.

Wyznaczenie ściśle współrzędnych środka skręcenia nie należy do zagadnień prostych. — Z reguły poprzestajemy nawet na obliczeniu przybliżonym. Jakiż tedy sens może mieć definiowanie np. momentu spręcającego w odniesieniu do punktu, którego położenie określamy w sposób przybliżony względnie też którego położenia w ogóle nie znamy?

Przy tym wszystkim pamiętajmy, że środek masy i przynależne doń kierunki główne będą ustawicznie wybijać swoje piętno na przedstawionym rachunku. Najprostsze bowiem przedstawienie rzeczy rachunkowe zyskamy, jeśli obliczenie odniesiemy do tego punktu i do tych prostych. Po prostu współrzędne punktu Q odcinać będziemy od punktu O na wymienionych kierunkach jako osiach układu. Ba, ale przeprowadzając nawet redukcję sił do punktu Q zmuszeni będziemy dla uzyskania prostoty wzorów, określających np. składowe stanu napięcia, przesuwać przez ten punkt osie układu nienaturalnie z tym punktem związane. Będą to bowiem nie kierunki główne przynależne temu punktowi lecz proste równoległe do kierunków głównych przynależnych do punktu właśnie O . Jest oczywistą niedorzecznością przywiązywać do tego rodzaju chaosu wartość metody naukowej.

Wreszcie jeszcze jeden szczegół. Wspomniałem już, że sprowadzanie sił do środka skręcenia wprowadza pewne uproszczenia rachunkowe. Otóż zapamiętajmy, że wprowadza je tylko w pewnych warunkach szczególnych, a mianowicie, gdy zachodzi równość: $N = T_x \cdot b - T_y \cdot a$, gdzie a , b są współrzędnymi środka skręcenia Q . W innych warunkach czy redukcję sił przeprowadzimy z uwagi na środek masy, czy ze względu na środek skręcenia, dobrodziejstw owego skrócenia wzorów matematycznych nie doznamy. Czy więc opłaca się wprowadzenie zmian dla tych przypadkowych korzyści?

Miejmy przy tym na uwadze, że wagę tych ewentualnych korzyści pomniejszyć mogą inne niepożądane komplikacje rachunkowe, które bezsprzecznie istnieją. Wyobraźmy sobie w tym celu że dokonaliśmy zmian w dotychczasowych definicjach wpływów wewnętrznych wprowadzając jako środek redukcji punkt Q i zapytajmy o skutki geometryczne siły S zaczepiającej w tym punkcie prostopadle do płaszczyzny przekroju. Otóż najwidoczniej siła ta w ten sposób umieszczona wywoła poza przesunięciem względnym przekroju w kierunku osi z również jego obroty względne dokoła osi x i y . Wiadome zaś jest, że siła ta umieszczona w środku O wywoła jedynie względne przesunięcie przekroju. Ewentualne przeto korzyści o jakich była mowa istotnie okupujemy całkiem zbędnymi utrudnieniami w pozostałych wypadkach.

Przystępujemy do końcowej części tej notatki. Z przedstawienia rzeczy dotychczasowego wynikało, że istnieje w płaszczyźnie przekroju punkt Q zwany środkiem skręcenia. Współrzędne tego punktu znajdują się rozwiązując stan napięcia względnie odkształcenia w rozważanym przekroju wywołany obecnością siły poprzecznej, momentu zginającego i odpowiedniej wielkości momentu skręcającego. W związku właśnie z tym faktem wykażemy obecnie, że w płaszczyźnie przekroju możliwe są też inne środki skręcenia. Twierdzenie to nie jest bynajmniej — jakby się z pozoru wydawało — rewelacją, co za chwilę okaże się.

Zauważmy, że klasyczne rozwiązanie teorii skręcenia i nierównomiernego zginania prętów prostych podane przez Saint-Venanta nie jest jedynym ścisłym rozwiązaniem tych problemów. Tak np. przyzwyczailiśmy się zapominając o pewnych istotnych założeniach teorii sądzić, że bryła naprężeń pochodzących od działania na przekrój momentem zginającym jest ograniczona płaszczyzną, gdy tymczasem, może ona być ograniczona dość dowolną powierzchnią. Wydaje się nam, że siła poprzeczna wypacza esowato przekrój, gdy tymczasem może się zdarzyć, że wygięcie tego rodzaju będzie niemożliwione. Wszystkie tego typu fakty zależą od warunków brzegowych, a te mogą być dość różnorodne.

Powyższe stwierdzenie nie przeczy istnieniu jednoznaczności rozwiązań matematycznej teorii sprężystości. Rozwiązania tej teorii są jednoznaczne, gdy w każdym bez wyjątku punkcie powierzchni ograniczającej rozważany układ oznaczone jest całkowicie obciążenie względnie

przemieszczenie tegoż punktu. Jeśli jednak na pewnej części tej powierzchni warunki brzegowe ustalone są w sposób mniej wystarczający od podanego wyżej, to możliwy jest zbiór różnych rozwiązań danego zagadnienia. Często z tego zbioru znane nam jest tylko jedno rozwiązanie np. całka szczególna danego układu równań różniczkowych. Uzupełniając brakujące warunki brzegowe na owej części powierzchni dołączyć musimy do rozwiązania szczególnego rozwiązanie dodatkowe, więc np. całkę ogólną odpowiednio skróconych równań różniczkowych. Znalezione w ten sposób rozwiązanie zupełne jest oczywiście znów jednoznaczne.

Przyjmijmy, że mamy przed sobą właśnie zbiór rozmaitych możliwych rozwiązań dla zagadnienia z przedstawionymi niewyczerpująco warunkami brzegowymi na pewnej części powierzchni ograniczającej układ. Otóż może lub niekiedy musi się zdarzyć, że każde z tych rozwiązań będzie mieć pewną charakterystyczną wspólną cechę. Oto wszystkie dane lub znalezione na tej części powierzchni układy sił będą wzajemnie między sobą statycznie równowarte. W takim niezmiernie często pojawiającym się wypadku różnice stanów napięcia i odkształcenia poszczególnych rozwiązań zbioru, nawet bardzo znaczne na wyszczególnionej części powierzchni, będą zacierać się w miarę oddalania się od tej powierzchni. Praktycznie biorąc zanikną one w odległościach rzędu wymiarów liniowych owej części. Ten niezmiernie doniosły fakt wyraża w teorii sprężystości zasada Saint-Venanta.

Zasada Saint-Venanta ma w teorii prętów pełne zastosowanie. Dla prętów bowiem podajemy zawsze wyczerpująco warunki brzegowe tylko na ich poboczniczy; na przekrojach końcowych określamy te warunki — w sensie wymogów teorii sprężystości — niewystarczająco. Otóż z omawianej zasady wynika, że niezależnie od tego jakie jest rozmieszczenie szczegółowe obciążeń na końcach pręta, w dostatecznej od nich odległości wszystkie możliwe rozwiązania danego zagadnienia są praktycznie biorąc identyczne, jeśli tylko na owych przekrojach końcowych nie zmieniają się wypadkowe obciążenia tj. wielkości T_x , T_y , S , M_x , M_y , N . W rezultacie przeto znajomość jednego z możliwych rozwiązań danego problemu — np. z cytowanych wcześniej przez nas $\varphi(x, y)$, $\psi(v, y)$ — ma olbrzymie znaczenie dla praktyki i dla teorii.

Stosując tego rodzaju niezupełne względnie nie liczące się z szczególnymi warunkami na końcach pręta rozwiązanie, musi się jednak pamiętać o wyrażonym przed chwilą ograniczeniu jego ważności. Chcąc tego rodzaju rozwiązanie zastosować również w częściach końcowych pręta, należy zbadać dla jakich szczególnych warunków brzegowych na tych końcach zostało owo rozwiązanie skonstruowane — i czy warunki te choćby w dobrym przybliżeniu mogą być w rozważanym przypadku spełnione. Jeśli tak nie jest, to należy znaleźć uzupełniające rozwiązanie. W każdym zaś razie nie wolno wyrażać przekonania, że użyte rozwiązanie jest błędne. Uważam, że tego rodzaju zrzucanie ze siebie odpowiedzial-

ności jest znów równowarte z wprowadzeniem złych zwyczajów do nauki.

Skończmy jednak tę notatkę. Otóż położenie środka skręcenia Q zależy od typu stanu napięcia a nie od wypadkowych wektorialnych tego stanu w przekroju. Skoro tedy przy tych samych wypadkowych możliwe są najrozmaitsze stany napięcia, przeto możliwe też są w przekroju różne środki skręcenia. Oczywiście, że ta wieloznaczność — zgodnie z zasadą Saint-Venanta — możliwą jest tylko na końcach pręta, ale faktem jest, iż ona istnieje i może fatalnie wpłynąć na przebieg obliczeń szczególnie przy krótkich prętach. Przyjmijmy np. nierzadki wypadek, że pręt jednym końcem utwierdzony sprężyste, na drugim swobodny, ma długość równą pięciokrotnemu wymiarowi liniowemu przekroju. Przypuśćmy dalej, że w odległości od umocowanego końca równej dwukrotnemu wymiarowi poprzecznemu możemy już wpływ zachowania się przekroju umocowanego zaniedbać w wyjaśnionym nieda-

wno znaczeniu. Widzimy tedy, że tylko na $\frac{3}{5}$ długości pręta możemy określić położenie punktu Q posługując się teorią nam dostępną; na $\frac{2}{5}$ długości nie możemy tego zrobić bez przeprowadzenia dodatkowego rozwiązania zagadnienia uwzględniającego swoiste warunki utwierdzenia. Korekta odnośna nie jest łatwa; proszę zresztą spróbować. Czy mamy aż do tego czasu zatrzymać się z definicją momentu skręcającego w myśl pewnych niedopuszczalnych propozycji? Przeto jeszcze raz powtarzam: Nie ulega żadnej wątpliwości znaczenie teoretyczne i konstrukcyjne środka skręcenia przekroju, nie mniej jednak przy wyznaczaniu momentu skręcającego odnośne ramie może być bez trudności i musi być z konieczności tyczone z środka masy przekroju.

I jeszcze jedno pytanie: Czy nauczanie nie-świadomych może być uważane za atak na nich?

Lwów, w marcu 1939 r.

Inż. I. ROSENZWEIG

Zakład Elektrotechniki Ogólnej Politechniki Lwowskiej.

Symboliczny wielowymiarowy rachunek wektorowy jako metoda analizy układów wielofazowych.

Wstęp.

W pracy niniejszej podana jest nowa metoda analizy matematycznej układów wielofazowych. Metoda ta polega na zastosowaniu do badania tych układów *n*-wymiarowego symbolicznego rachunku wektorowego.

Podstawę omawianej metody stanowi myśl, iż każdy zespół n przynależnych do siebie wielkości zmiennych $W_{1t}, W_{2t}, \dots, W_{nt}$ występujących w układach *n*-fazowych o przebiegach sinusoidalnych (jak np. zespół n SEM-czynnych fazowych $E_{1t}, E_{2t}, \dots, E_{nt}$ jakiegoś generatora lub też jego n prądów $I_{1t}, I_{2t}, \dots, I_{nt}$) traktować można jako jedną wielkość fizyczną wyższego rzędu, a mianowicie jako t. zw. *wektor zespołowy* \mathbb{W} określony ogólnie wzorem:

$$\mathbb{W} = \epsilon_1 \hat{W}_1 + \epsilon_2 \hat{W}_2 + \dots + \epsilon_n \hat{W}_n = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i.$$

We wzorze tym oznaczają $\hat{W}_1, \hat{W}_2, \dots, \hat{W}_n$ symboliczne wartości sinusoidalnie zmiennych wielkości $W_{1t}, W_{2t}, \dots, W_{nt}$, a $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$ jednostkowe wektory *n*-wymiarowego ortogonalnego układu współrzędnych.

Tak określonymi wektorami zespołowymi operujemy przy badaniu układów wielofazowych ściśle według zasad rachunku, obowiązującego dla *n*-wymiarowych wektorów symbolicznych¹⁾.

Podana w niniejszej pracy metoda umożliwia jednolite i konsekwentne rozwiązanie wszystkich podstawowych zagadnień teorii dowolnych

układów wielofazowych o przebiegach sinusoidalnych. Daje ona możliwość wypisywania w bardzo zwartej formie skomplikowanych formuł dotyczących tych układów. Rozmaite właściwości układów *n*-fazowych można przy tym interpretować „geometrycznie“. Odpowiadają one bowiem wprost pewnym własnościom wektorów symbolicznych w przestrzeni *n*-wymiarowej.

Pozatym ujawnia podana w niniejszej pracy metoda głębokie analogie, jakie zachodzą pomiędzy zachowaniem się sinusoidalnych układów wielofazowych a zachowaniem się układów jednofazowych o przebiegach odkształconych.

Analogie te stanowią podstawę do sformułowania t. zw. *zasady równoważności faz i harmonicznych*. Opierając się na tej zasadzie, można rozszerzyć zakres stosowalności omawianej metody analitycznej również na *układy wielofazowe niesinusoidalne*.

Metody analizy, oparte na łącznym (zespołowym) traktowaniu wielkości, występujących w układach wielofazowych, były już kilkakrotnie proponowane w literaturze elektrotechnicznej. Obok podanej w niniejszej pracy metody, opartej na rachunku *wektorami* wielowymiarowymi, której podstawy w odmiennej formie przedstawione zostały po raz pierwszy przez A. Pen-Tung Sah'a²⁾ należy z pośród metod tych wymienić metodę „zespołów promieni“ (systems de vecteurs) używaną przez Iliovi-

²⁾ A. Pen-Tung Sah: „Representation of Polyphase Systems by Multidimensional Vectors“. World Eng. Congress Proc. 22 (1929) str. 3. A. Pen-Tung Sah: „Complex Vectors in 3-phase Circuits“. El. Eng. (A. I. E. E.) 1936, str. 1366.

¹⁾ Wyrażenie „symboliczny“ stosowane jest w pracy niniejszej, zgodnie z terminologią elektrotechniczną, jako synonim wyrażenia „zespołowy“.

kiego³⁾ oraz metodę opartą na rachunku maczyrowym⁴⁾.

Iliovici operuje „zespołami promieni“ wypisywanymi w postaci:

$$S(\hat{W}_1 \hat{W}_2 \dots \hat{W}_n)$$

i ustala dla tych „zespołów“ reguły operacyjne, wynikające z rachunku symbolicznego. Uzyskuje on w ten sposób definicje różnych działań, nie pokrywające się naogół z definicjami żadanego ze znanych dotychczas działów matematyki i utrudniające z tego powodu praktyczne zastosowanie metody.

W metodzie maczyrowej podaje się zespoły n wielkości symbolicznych w układach wielofazowych w formie t. zw. matryc:

$$\begin{pmatrix} \hat{W}_1, 0, \dots, 0 \\ \hat{W}_2, 0, \dots, 0 \\ \dots \\ \hat{W}_n, 0, \dots, 0 \end{pmatrix}$$

i stosuje się do analizy bezpośrednio zasady rachunku maczyrowym.

Obie wymienione metody (z pośród których racjonalniejszą i bardziej celową jest metoda maczyrowa) rozbudowane zostały głównie w celu ułatwienia analizy opartej na t. zw. składowych symetrycznych. Metody te posiadają z tego powodu dość ciasny zakres zastosowania. Obie metody mogą być przytym stosowane wyłącznie dla układów sinusoidalnych.

Metoda wektorowa w pierwotnej swej postaci, podanej przez A. Pen-Tung Sah'a, posiadała również powyższe wady. Punktem wyjścia tej metody jest bowiem pojęcie t. zw. wektora wartości chwilowej, określonego relacją:

$$\mathfrak{B}_i = \epsilon_i W_i \sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha_i) +$$

$+ \epsilon_2 W_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha_2) + \dots + \epsilon_n W_n \sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha_n)$ będącego wektorem n -wymiarowym rzeczywistym o wartości i kierunku przestrzennym zmiennym w czasie.

Wektor symboliczny \mathfrak{B} stanowi natomiast u A. Pen-Tung Sah'a pojęcie pochodne wprowadzone na podstawie powyższego wektora \mathfrak{B}_i .

Takie ujęcie pierwotnej metody wektorowej ogranicza *a priori* jej zakres zastosowania do układów o przebiegach sinusoidalnych.

Nowe ujęcie metody wektorowej dla analizy układów wielofazowych, podane w niniejszej pracy daje natomiast możliwość stosowania tej metody do rozwiązywania wszystkich podstawowych problemów zarówno sinusoidalnych, jak i odkształconych układów wielofazowych.

Szczególnie podkreślić należy fakt, iż nowa metoda umożliwia konsekwentne rozwiązanie problemu mocy pozornej i mocy biernej układów

wielofazowych o przebiegach sinusoidalnych lub odkształconych, który to problem nie został dotychczas — mimo wielu usiłowań — załatwiony w sposób zadawalniający.

I. Podstawy matematyczne rachunku wektorami symbolicznymi.

W metodzie analizy układów wielofazowych, podanej w niniejszej pracy, zastosowana jest, jako podstawowe matematyczne narzędzie operacyjne, algebra n -wymiarowych wektorów symbolicznych.

Z tego względu zostaną niżej podane najważniejsze definicje, wzory i metody operacyjne, obowiązujące dla tego działu matematyki⁵⁾.

Przedewszystkiem ustalamy definicję symbolicznego wektora n -wymiarowego.

Wektorem n -wymiarowym symbolicznym nazywamy wielkość \mathfrak{B} określoną jednoznacznie przez podanie n liczb symbolicznych (zespolonych) \hat{W}_i i wyrażoną zapomocą relacji:

$$\mathfrak{B} = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i. \quad (1)$$

Czynniki ϵ_i występujące w tej relacji, oznaczają t. zw. wektory jednostkowe, określające kierunki n osi ortogonalnego układu współrzędnych w przestrzeni n -wymiarowej. Wartości symboliczne \hat{W}_i stanowią natomiast rzuty danego wektora \mathfrak{B} na określone przez ϵ_i osie współrzędnych.

Dla zdefiniowanych w ten sposób wektorów symbolicznych obowiązują następujące zasady operacyjne:

1. Dodawanie i odejmowanie wektorów symbolicznych.

Suma wzgl. różnica dwu wektorów symbolicznych \mathfrak{B} i \mathfrak{B}' zdefiniowana jest przy pomocy relacji:

$$\mathfrak{B} \pm \mathfrak{B}' = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{V}_i \pm \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i (\hat{V}_i \pm \hat{W}_i). \quad (2)$$

2. Mnożenie wektora symbolicznego przez skalar.

Iloczyn wektora symbolicznego \mathfrak{B} i liczby rzeczywistej, urojonej lub zespolonej („skalara“) \hat{a} jest wektorem symbolicznym określonym wzorem:

$$\hat{a} \cdot \mathfrak{B} = \hat{a} \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i (\hat{a} \cdot \hat{W}_i). \quad (3)$$

3. Iloczyn skalarowy dwu wektorów symbolicznych.

Iloczyn skalarowy dwu wektorów symbolicznych \mathfrak{B} i \mathfrak{B}' jest liczbą (rzeczywistą, urojoną lub zespoloną) zdefiniowaną przy pomocy relacji:

$$\mathfrak{B} \cdot \mathfrak{B}' = \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{V}_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i \right) = \sum_{i=1}^{i=n} \hat{V}_i \cdot \hat{W}_i. \quad (4)$$

³⁾ A. Iliovici: „Les coordonees symetriques en electrotechnique“, Paris 1934.

⁴⁾ H. Pender: „Electrical Engineers Handbook“. London 1936, I. str. 3—20. L. A. Pipes: „Matrix theory of multi-conductor transmission lines. Phil. Mag. 1937 (24) str. 97. S. Koizumi: „Transformation formulae of impedances and admittances in the method of symmetrical coordinates“. Phil. Mag. 1937 (24) str. 195.

⁵⁾ R. Courant i D. Hilbert: „Methoden der mathematischen Physik“, Berlin 1931, tom I. J. A. Schouten: „Grundlagen der Vektor- und Affinoranalysis“, Leipzig-Berlin 1934.

We wzorze tym oznacza \vec{W}_i liczbę zespoloną, sprzężoną z \hat{W}_i .

Dla iloczynu skalarowego wektorów *symbolicznych* określonego wzorem (4) nie obowiązuje prawo przemienności.

Zmieniając w (4) kolejność czynników, otrzymujemy bowiem:

$$\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}} = \sum_{i=1}^{i=n} \hat{W}_i \cdot \check{W}_i, \quad (5)$$

a zatem wartość zespoloną, sprzężoną z wartością $\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}$ i tym samym w ogólnym wypadku od niej różną.

4. Wartość bezwzględna wektora symbolicznego.

Wartość bezwzględna wektora symbolicznego zdefiniowana jest zapomocą wzoru:

$$W = |\vec{\mathfrak{B}}| = \sqrt{\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \hat{W}_i \cdot \check{W}_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} W_i^2}, \quad (6)$$

przyczym W_i oznacza bezwzględną wartość symbolicznej wielkości \hat{W}_i .

Określona wzorem (6) wartość bezwzględna wektora symbolicznego jest zawsze liczbą *rzeczywistą dodatnią*.

5. Kąt rozchylenia, kąt fazowy i kąt rozstawu pomiędzy dwoma wektorami symbolicznymi.

Kąt *rozchylenia* ψ zawarty pomiędzy dwoma wektorami symbolicznymi $\vec{\mathfrak{B}}$ i $\vec{\mathfrak{B}}$ określony jest relacją:

$$\cos \psi = \frac{|\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}|}{|\vec{\mathfrak{B}}| \cdot |\vec{\mathfrak{B}}|}. \quad (7)$$

Majoryzując bezwzględną wartość iloczynu $\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}$ określonego wzorem (4) przez wyrażenie $\sum_{i=1}^{i=n} |\hat{V}_i| \cdot |\hat{W}_i|$ i uwzględniając nierówność

Schwarza⁶⁾ stwierdzamy, iż wartość $\cos \psi$ (dodatnia) nie może być nigdy większa od 1. Kąt ψ posiada więc zawsze pewną wartość rzeczywistą.

Dwa wektory $\vec{\mathfrak{B}}$ i $\vec{\mathfrak{B}}$, których kąt rozchylenia jest równy zeru czyli, dla których $\cos \psi = 1$ nazwane są wektorami *równoległymi*.

Z wzoru (7) otrzymujemy, przy uwzględnieniu nierówności Schwarza jako warunek równoległości dwu wektorów symbolicznych relację:

$$\vec{\mathfrak{B}} = a \cdot \vec{\mathfrak{B}}. \quad (8)$$

Iloczyn $a \cdot \vec{\mathfrak{B}}$ należy przytem rozumieć w sensie definicji (3).

„Prostopadłymi do siebie“ lub *ortogonalnymi* nazywa się dwa wektory symboliczne $\vec{\mathfrak{B}}$ i $\vec{\mathfrak{B}}$, których kąt rozchylenia wynosi 90° , czyli dla których jest $\cos \psi = 0$.

Uwzględniając relację (7) otrzymuje się jako warunek ortogonalności wzór:

$$\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}} = 0, \quad (9)$$

W wypadku zastosowania rachunku wektorami symbolicznymi do analizy układów wielofazowych okazuje się korzystnym zdefiniowa-

nie — obok określonego wyżej kąta rozchylenia ψ — dalszych dwóch wielkości kątowych, które nazwać można *kątem fazowym* φ i *kątem rozstawu* ϱ dwu wektorów symbolicznych.

Kąt *fazowy* φ dwu wektorów symbolicznych $\vec{\mathfrak{B}}$ i $\vec{\mathfrak{B}}$ definiują zapomocą wzoru:

$$e^{i\varphi} = \frac{\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}}{|\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}|} \quad (10)$$

W przeciwieństwie do kąta rozchylenia ψ , którego znak jest nieokreślony i który, traktowany jako dodatni, jest zawsze mniejszy od 90° , można na φ otrzymywać wszelkie wartości od -180° do $+180^\circ$. Wartość kąta φ jest przytem zależna od tego, czy mierzymy go od $\vec{\mathfrak{B}}$ do $\vec{\mathfrak{B}}$ czy też naodwrot. W myśl wzoru (10) jest bowiem:

$$\varphi_{VW} = -\varphi_{WV}. \quad (11)$$

O dwóch wektorach symbolicznych, dla których $\varphi = 0$, czyli których iloczyn skalarowy jest liczbą rzeczywistą i dodatnią mówimy, iż są one ze sobą *we fazie*.

Dla wektorów symbolicznych ortogonalnych, t. zn. o kącie rozchylenia $\psi = 90^\circ$ kąt fazowy φ jest *nieznaczony*.

Kątem rozstawu dwu wektorów symbolicznych $\vec{\mathfrak{B}}$ i $\vec{\mathfrak{B}}$ nazywam kąt ϱ zdefiniowany zapomocą wzoru:

$$\cos \varrho = \cos \psi |\cos \varphi|. \quad (12)$$

Uwzględniając równania (7) i (10) otrzymujemy dla tego kąta relację:

$$\cos \varrho = \frac{|\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}} + \vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}|}{2 |\vec{\mathfrak{B}}| \cdot |\vec{\mathfrak{B}}|}. \quad (13)$$

Kąt rozstawu jest, podobnie jak kąt rozchylenia, nieznaczony co do znaku. Z tego powodu można zawsze przyjmować dla tego kąta wartości w granicach $0 \leq \varrho \leq 90^\circ$.

Kąt rozstawu jest równy zeru dla wektorów symbolicznych *równoległych do siebie* i będących albo ze sobą *we fazie* albo też *wykazujących kąt fazowy* $\varphi = 180^\circ$.

6. Wektory symboliczne jednostkowe.

Wektorami symbolicznymi jednostkowymi są takie wektory symboliczne, których bezwzględna wartość jest równa jedności.

Wektory takie spełniają więc relację:

$$w = |\vec{w}| = 1. \quad (14)$$

Każdemu wektorowi symbolicznemu $\vec{\mathfrak{B}}$ porządkowany jest przy pomocy relacji:

$$\vec{w} = \frac{\vec{\mathfrak{B}}}{|\vec{\mathfrak{B}}|} \quad (15)$$

w sposób jednoznaczny pewien wektor jednostkowy \vec{w} . Wektor ten jest *równoległy* do danego wektora $\vec{\mathfrak{B}}$ i jest z tym wektorem *we fazie*.

7. Rzuty i składowe wektorów symbolicznych.

Rzutem pewnego wektora symbolicznego $\vec{\mathfrak{B}}$ na wektor symboliczny $\vec{\mathfrak{B}}$ jest *liczba symboliczna* \vec{W}' , która pomnożona przez $V = |\vec{\mathfrak{B}}|$ daje iloczyn skalarowy $\vec{\mathfrak{B}} \cdot \vec{\mathfrak{B}}$.

⁶⁾ Patrz n. p. Courant i D. Hilbert, odnośnik 5.

Wartość tego rzutu określona jest wzorem:

$$\hat{W}' = \frac{\mathfrak{B} \cdot \mathfrak{B}}{|\mathfrak{B}|} \quad (16)$$

Składową wektora symbolicznego \mathfrak{B} równoległą do \mathfrak{B} nazywamy natomiast wektor symboliczny \mathfrak{B}' równoległy do \mathfrak{B} , którego iloczyn skalarowy $\mathfrak{B}' \cdot \mathfrak{B}$ jest równy iloczynowi $\mathfrak{B} \cdot \mathfrak{B}$.

Składową tą określa relacja:

$$\mathfrak{B}' = \frac{\mathfrak{B} \cdot \mathfrak{B}}{|\mathfrak{B}|^2} \cdot \mathfrak{B}. \quad (17)$$

Składową wektora symbolicznego \mathfrak{B} normalną do \mathfrak{B} jest wektor symboliczny \mathfrak{B}'' zdefiniowany wzorem:

$$\mathfrak{B}'' = \mathfrak{B} - \mathfrak{B}' \quad (18)$$

Przy pomocy równania (9) można sprawdzić, iż składowa normalna jest ortogonalna do wektorów symbolicznych \mathfrak{B} i \mathfrak{B}' .

Pomiędzy bezwzględną wartością wektora symbolicznego \mathfrak{B} a bezwzględnymi wartościami jego składowych \mathfrak{B}' i \mathfrak{B}'' , wyznaczonych w odniesieniu do dowolnego wektora symbolicznego \mathfrak{B} , zachodzą relacje:

$$|\mathfrak{B}|^2 = |\mathfrak{B}'|^2 + |\mathfrak{B}''|^2 \quad (19)$$

oraz

$$\left. \begin{aligned} |\mathfrak{B}'| &= |\mathfrak{B}| \cos \psi \\ |\mathfrak{B}''| &= |\mathfrak{B}| \sin \psi \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

gdzie ψ oznacza kąt rozchylenia między \mathfrak{B} i \mathfrak{B}' .

8. Tensory symboliczne.

Oparcie całokształtu teorii układów wielofazowych na rachunku wektorami symbolicznymi jest możliwe jedynie w tym wypadku, jeżeli w obręb tego rachunku wciągnięte zostaną również podstawy rachunku n -wymiarowymi tensorami.

Tensor symboliczny (ściślej tensor symboliczny rzędu 2-go) stanowi uogólnienie wielkości, którą uzyskuje się, stosując formalne zasady mnożenia do dwóch wektorów symbolicznych:

$$\mathfrak{B} \mathfrak{B} = \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{V}_i \right) \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i \right) = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{V}_i \hat{W}_k.$$

Nie ustalając żadnych dodatkowych założeń co do iloczynów $\epsilon_i \epsilon_k$ otrzymuje się w ten sposób wyrażenie, zbudowane z n^2 oddzielnych członów $\hat{V}_i \hat{W}_k$. Analogicznie zbudowane wyrażenia, których członów mogą zamiast wartości $\hat{V}_i \hat{W}_k$ przybierać dowolne symboliczne wartości \hat{T}_{ik} nazwane są tensorami symbolicznymi.

Ogólną postać tensora symbolicznego (rzędu 1-go) wyraża zatem wzór:

$$\hat{\mathfrak{T}} = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} \quad (21)$$

Tensor symboliczny $\hat{\mathfrak{T}}$ można określić jednoznacznie przez podanie t.zw. matrycy zawierającej wszystkie jego członów \hat{T}_{ik} . Posługując się pisownią matrycową wypisuje się tensor symboliczny $\hat{\mathfrak{T}}$ w postaci:

$$\hat{\mathfrak{T}} = \begin{vmatrix} \hat{T}_{11} & \hat{T}_{12} & \dots & \hat{T}_{1n} \\ \hat{T}_{21} & \hat{T}_{22} & \dots & \hat{T}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{T}_{n1} & \hat{T}_{n2} & \dots & \hat{T}_{nn} \end{vmatrix} \epsilon \quad (22)$$

Indyks ϵ przy matrycy ma na celu wskazanie, że podane w niej członów \hat{T}_{ik} określają dany tensor symboliczny w odniesieniu do układu osi współrzędnych, wyznaczonych przez wektory jednostkowe ϵ_i .

Pisownia matrycowa jest szczególnie wygodna w wypadku przeprowadzania obliczeń szczegółowych.

Rozróżniamy tensory symboliczne symetryczne, antysymetryczne i asymetryczne.

Tensory symboliczne symetryczne cechują się tym, iż członów ich, zaopatrzone tymi samymi indeksami, a różniące się między sobą порядkiem tych indeksów, są sobie równe:

$$\hat{T}_{ik} = \hat{T}_{ki} \quad (23)$$

dla dowolnych (zawartych między 1 i n) wartości i oraz k .

Ze względu na relacje (23) posiadają tensory symetryczne nie n^2 , lecz $\frac{1}{2}n(n+1)$ niezależnych od siebie członów.

Tensory symboliczne antysymetryczne posiadają członów, spełniające relacje:

$$\hat{T}_{ik} = -\hat{T}_{ki} \quad (24)$$

Dla tensorów takich muszą członów, leżące na t. zw. głównej przekątnej matrycy, czyli dla których $i = k$, posiadać wartości $\hat{T}_{ii} = 0$. Tensory symboliczne antysymetryczne posiadają zatem tylko $\frac{1}{2}n(n-1)$ członów niezależnych od siebie.

Tensorami symbolicznymi asymetrycznymi są tensory symboliczne nie spełniające ani relacji (23) ani też relacji (24).

9. Dodawanie i odejmowanie tensorów symbolicznych.

Dodawanie, wzgl. odejmowanie dwu tensorów symbolicznych $\hat{\mathfrak{S}}$ i $\hat{\mathfrak{T}}$ zdefiniowane jest relacją:

$$\begin{aligned} \hat{\mathfrak{S}} \pm \hat{\mathfrak{T}} &= \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{S}_{ik} \pm \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} = \\ &= \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k (\hat{S}_{ik} \pm \hat{T}_{ik}). \end{aligned} \quad (25)$$

10. Mnożenie tensora symbolicznego przez skalar.

Iloczynem tensora symbolicznego $\hat{\mathfrak{T}}$ i liczby (skalara) \hat{a} jest tensor symboliczny, określony wzorem:

$$\hat{a} \cdot \hat{\mathfrak{T}} = \hat{a} \cdot \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k (\hat{a} \cdot \hat{T}_{ik}). \quad (26)$$

11. Iloczyn tensora i wektora symbolicznego.

Iloczynem tensora symbolicznego $\hat{\mathfrak{T}}$ i wektora symbolicznego \mathfrak{B} jest wektor, zdefiniowany wzorem:

$$\begin{aligned} \hat{\mathfrak{T}} \cdot \mathfrak{B} &= \left(\sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i \right) = \\ &= \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \left(\sum_{k=1}^{k=n} \hat{T}_{ik} \hat{W}_k \right). \end{aligned} \quad (27)$$

12. Iloczyn dwu tensorów symbolicznych.

Iloczyn dwu tensorów symbolicznych \hat{S} i \hat{T} określony jest jako tensor, odpowiadający relacji:

$$\hat{S} \cdot \hat{T} = \left(\sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{S}_{ik} \right) \cdot \left(\sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} \right) = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \left(\sum_{l=1}^{l=n} \hat{S}_{il} \hat{T}_{lk} \right). \quad (28)$$

13. Odwrotność tensora symbolicznego.

Odwrotność tensora symbolicznego \hat{T} zdefiniowana jest zapomocą relacji:

$$\frac{1}{\hat{T}} = \hat{T}^{-1} = \left(\sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} \right)^{-1} = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \left(\frac{\hat{\Delta}'_{ik}}{\hat{\Delta}} \right) \quad (29)$$

We wzorze tym oznacza $\hat{\Delta}$ wyznacznik, stworzony z członów tensora \hat{T} :

$$\hat{\Delta} = \begin{vmatrix} \hat{T}_{11} & \hat{T}_{12} & \dots & \hat{T}_{1n} \\ \hat{T}_{21} & \hat{T}_{22} & \dots & \hat{T}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{T}_{n1} & \hat{T}_{n2} & \dots & \hat{T}_{nn} \end{vmatrix}$$

a $\hat{\Delta}'_{ik}$ oznacza podwyznacznik tego wyznacznika, przyporządkowany członowi T_{ik} .

$$\hat{\Delta}'_{ik} = \begin{vmatrix} \hat{T}_{i+1, k+1} & \dots & \hat{T}_{i+1, k-1} \\ \dots & \dots & \dots \\ \hat{T}_{i-1, k+1} & \dots & \hat{T}_{i-1, k-1} \end{vmatrix}$$

14. Tensory symbolicznie antysymetryczne jako biwektory.

Tensory symbolicznie antysymetryczne, zdefiniowane relacją (24) posiadają, jak już zaznaczono, $\frac{1}{2} n(n-1)$ niezależnych od siebie członów. Liczba tych członów równa jest zatem ściśle liczbie prostopadłych do siebie płaszczyzn współrzędnych w przestrzeni n -wymiarowej. Każdy z członów tensora antysymetrycznego jest przymym w sposób jednoznaczny podporządkowany dwóm osiom współrzędnych, określonym wektorami ϵ_i i ϵ_k . Jest on tym samym podporządkowany jednoznacznie przechodzącej przez te osie płaszczyźnie współrzędnych, którą oznaczymy symbolem $\epsilon_i \times \epsilon_k$. Każdy tensor antysymetryczny można zatem interpretować „geometrycznie” jako t. zw. *biwektor* \hat{B} czyli jako pewną powierzchnię (symboliczną) w przestrzeni n -wymiarowej, przyczym rzuty tej powierzchni na poszczególne płaszczyzny współrzędnych równe są odpowiednim członom biwektora \hat{B} ⁷⁾.

Tensory antysymetryczne, traktowane jako *biwektory* określone są relacją:

$$\hat{B} = \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \cdot \hat{B}_{ik}. \quad (30)$$

15. Dodawanie i odejmowanie biwektorów symbolicznych.

Suma, wzgl. różnica dwu biwektorów symbolicznych \hat{A} i \hat{B} określona jest wzorem:

⁷⁾ W przestrzeni 3-wymiarowej istnieje możliwość zastąpienia biwektorów równoważnymi wektorami. W przestrzeni takiej mamy bowiem 3 osie i 3 płaszczyzny współrzędnych. W przestrzeni o ilości wymiarów $n > 3$ taka możliwość nie istnieje.

⁸⁾ Formalnie otrzymamy przejście z tensorów antysymetrycznych na biwektory, kładąc $\epsilon_i \times \epsilon_k = \epsilon_i \epsilon_k - \epsilon_k \epsilon_i$.

$$\begin{aligned} \hat{A} \pm \hat{B} &= \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{A}_{ik} \pm \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{B}_{ik} = \\ &= \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k (A_{ik} \pm B_{ik}). \end{aligned} \quad (31)$$

16. Mnożenie biwektora przez skalar.

Iloczynem biwektora symbolicznego \hat{B} i liczby (skalara) \hat{a} jest biwektor, określony relacją:

$$\hat{a} \cdot \hat{B} = \hat{a} \cdot \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{B}_{ik} = \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k (\hat{a} \cdot \hat{B}_{ik}). \quad (32)$$

17. Iloczyn skalarowy dwu biwektorów symbolicznych.

Iloczyn skalarowy dwu biwektorów symbolicznych \hat{A} i \hat{B} jest liczbą, zdefiniowaną zapomocą relacji:

$$\begin{aligned} \hat{A} \cdot \hat{B} &= \left(\sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{A}_{ik} \right) \cdot \left(\sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{B}_{ik} \right) = \\ &= \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \hat{A}_{ik} \cdot \hat{B}_{ik} \end{aligned} \quad (33)$$

18. Wartość bezwzględna biwektora symbolicznego.

Wartość bezwzględna biwektora symbolicznego zdefiniowana jest zapomocą wzoru:

$$\begin{aligned} B = |\hat{B}| &= \sqrt{\hat{B} \cdot \hat{B}} = \\ &= \sqrt{\sum_{k>i=1}^{i,k=n} \hat{B}_{ik} \cdot \hat{B}_{ik}} = \sqrt{\sum_{k>i=1}^{i,k=n} B_{ik}^2} \end{aligned} \quad (34)$$

przyczym $B_{ik} = |\hat{B}_{ik}|$.

Określona wzorem (34) bezwzględna wartość biwektora symbolicznego jest zawsze *liczbą rzeczywistą dodatnią*.

19. Iloczyn wektorowy dwu wektorów symbolicznych.

Iloczyn wektorowy dwu wektorów symbolicznych \hat{U} i \hat{V} jest *biwektorem symbolicznym*, określonym relacją:

$$\begin{aligned} \hat{U} \times \hat{V} &= \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{U}_i \right) \times \left(\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{V}_i \right) = \\ &= \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k (\hat{U}_i \hat{V}_k - \hat{V}_i \hat{U}_k). \end{aligned} \quad (35)$$

Dla iloczynu wektorowego obowiązuje relacja:

$$\hat{U} \times \hat{V} = -\hat{V} \times \hat{U} \quad (36)$$

Iloczyn wektorowy jest równy zeru, jeśli dane wektory \hat{U} i \hat{V} są do siebie równoległe, t. zn. jeżeli spełniają one relację (8).

Pomiędzy iloczynem wektorowym i iloczynem skalarowym dwu wektorów \hat{U} i \hat{V} zachodzi relacja:

$$|\hat{U} \cdot \hat{V}|^2 + |\hat{U} \times \hat{V}|^2 = |\hat{U}|^2 \cdot |\hat{V}|^2. \quad (37)$$

Relacja ta posiada zasadnicze znaczenie dla rozważań, dotyczących ustalania definicji mocy układów wielofazowych.

Uwzględniając relację (37) we wzorze (7), określającym kąt rozchylenia ψ dwu wektorów symbolicznych, otrzymujemy poza tym równanie:

$$\sin \psi = \frac{|\hat{U} \times \hat{V}|}{|\hat{U}| \cdot |\hat{V}|} \quad (38)$$

20. Transformacje spólrzędnych.

Układy osi spólrzędnych, w odniesieniu do których wyrażone są wektory, biwektory i tensory symboliczne w przestrzeni n -wymiarowej, można zmieniać przez zastosowanie t. zw. *transformacji spólrzędnych*.

W celu zmiany układu spólrzędnych należy przede wszystkim ustalić w sposób jednoznaczny osie *nowego* układu. Uskutecznia się to przez podanie wektorów jednostkowych $\hat{g}_1, \hat{g}_2, \dots, \hat{g}_n$ tych osi. Wektory te wyrażone w odniesieniu do *starego* układu spólrzędnych, określone są relacjami:

$$\hat{g}_k = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \check{\gamma}_{ik}. \quad (39)$$

Wartość $\check{\gamma}_{ik}$ oznacza tu rzut wektora \hat{g}_k , określającego k -tą os nowo układu spólrzędnych, na os i starego układu, określoną wektorem jednostkowym ϵ_i .

Jeżeli nowy układ spólrzędnych ma być układem ortogonalnym, to musimy przyjąć, iż każde dwa z pośród wektorów \hat{g}_k są, w myśl wzoru (9) prostopadłe do siebie.

Poza tym muszą wektory te jako jednostkowe, posiadać wartość bezwzględną równą jedności.

Swoboda obioru spólrzeczynników \hat{g}_{ik} w równaniach (39), określających wektory jednostkowe nowego ortogonalnego układu spólrzędnych, ograniczona jest zatem relacjami:

$$\hat{g}_r \cdot \hat{g}_s = \sum_{i=1}^{i=n} \hat{\gamma}_{ir} \check{\gamma}_{is} \begin{cases} = 1 \text{ dla } r=s \\ = 0 \text{ dla } r \neq s \end{cases} \quad (40)$$

Rozwiązując układ równań (39) ze względu na ϵ_i otrzymuje się (po uwzględnieniu wzorów [40]) relacje:

$$\epsilon_i = \sum_{k=1}^{k=n} \hat{g}_k \check{\gamma}_{ik}. \quad (41)$$

Relacje te określają wektory jednostkowe *starego* układu spólrzędnych w odniesieniu do układu *nowego*.

Po ustaleniu — przy pomocy wzorów (39) wzgl. (41) nowego układu spólrzędnych — uskutecznia się transformację spólrzędnych dowol-

⁹⁾ Wektory jednostkowe ϵ_i pierwotnego układu spólrzędnych można było przyjąć jako wektory rzeczywiste. Wektory \hat{g}_k określające nowe, różne od ϵ_i układy spólrzędnych, mogą natomiast w ogólnym wypadku posiadać charakter wektorów symbolicznych.

nych wektorów, biwektorów lub tensorów symbolicznych, podstawiając w relacjach, wyrażających te wektory, biwektory lub tensory w odniesieniu do układu starego, w miejsce symbolów ϵ_i wyrażenia (41).

Dla wektora symbolicznego \hat{W} otrzymujemy w ten sposób relację:

$$\begin{aligned} \hat{W} &= \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \hat{W}_i = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\sum_{k=1}^{k=n} \hat{g}_k \check{\gamma}_{ik} \right) \hat{W}_i = \\ &= \sum_{k=1}^{k=n} \hat{g}_k \left(\sum_{i=1}^{i=n} \check{\gamma}_{ik} \hat{W}_i \right). \end{aligned} \quad (42)$$

Rzut wektora \hat{W} na k -tą os nowego układu spólrzędnych ma zatem wartość:

$$\hat{W}_k^g = \sum_{i=1}^{i=n} \check{\gamma}_{ik} \hat{W}_i. \quad (43)$$

Analogicznie otrzymujemy dla biwektora symbolicznego \hat{B} :

$$\begin{aligned} \hat{B} &= \sum_{k>i=1}^{i, k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{B}_{ik} = \\ &= \sum_{k>i=1}^{i, k=n} \left(\sum_{r=1}^{r=n} \hat{g}_r \check{\gamma}_{ir} \right) \times \left(\sum_{s=1}^{s=n} \hat{g}_s \check{\gamma}_{ks} \right) \hat{B}_{ik} = \\ &= \sum_{s>r=1}^{r, s=n} \hat{g}_r \times \hat{g}_s \left[\sum_{k>i=1}^{i, k=n} (\check{\gamma}_{ir} \check{\gamma}_{ks} - \check{\gamma}_{kr} \check{\gamma}_{is}) \hat{B}_{ik} \right]. \end{aligned} \quad (44)$$

Rzut biwektora \hat{B} na płaszczyznę nowego układu spólrzędnych, określoną przez $\hat{g}_r \times \hat{g}_s$ posiada zatem wartość:

$$\hat{B}_{rs}^g = \sum_{k>i=1}^{i, k=n} (\check{\gamma}_{ir} \check{\gamma}_{ks} - \check{\gamma}_{kr} \check{\gamma}_{is}) \hat{B}_{ik}. \quad (45)$$

Dla tensora symbolicznego \hat{T} otrzymujemy natomiast relację:

$$\begin{aligned} \hat{T} &= \sum_{i, k=1}^{i, k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik} = \\ &= \sum_{i, k=1}^{i, k=n} \left(\sum_{r=1}^{r=n} \hat{g}_r \check{\gamma}_{ir} \right) \left(\sum_{s=1}^{s=n} \hat{g}_s \check{\gamma}_{ks} \right) \hat{T}_{ik} = \\ &= \sum_{r, s=1}^{r, s=n} \hat{g}_r \hat{g}_s \left(\sum_{i, k=1}^{i, k=n} \check{\gamma}_{ir} \check{\gamma}_{ks} \hat{T}_{ik} \right). \end{aligned} \quad (46)$$

Człon tensora \hat{T} , przynależny do osi r -tej i s -tej nowego układu spólrzędnych posiada więc wartość:

$$\hat{T}_{rs}^g = \sum_{i, k=1}^{i, k=n} \check{\gamma}_{ir} \check{\gamma}_{ks} \hat{T}_{ik}. \quad (47)$$

(C. d. n.).

Przegląd czasopism

Wykorzystanie zużytych materiałów i odpadków omawia w Nr 7/1939 czasopismo „Mitteilungen des Hamburgischen Welt-Wirtschafts-Archiv“.

Pewne odpadki zbierano zawsze jako niezbędne dla niektórych gałęzi przemysłu. Odpadki i niewykorzystane produkty fabrykacji gromadziły się we fabrykach i ich usunięcie stawało się koniecznością. Zajmowały one miejsce obok fabryk lub zanieczyszczaly wodę i powietrze. Postęp chemii umożliwił wykorzystanie i to nader rentowne i ekonomiczne ogromnej ilości odpadków i marnowanych

dawniej produktów. O ile chodzi o wielki przemysł szczególnie chemiczny, to sprawa ta jest już postawiona na właściwej płaszczyźnie. Zbieranie jednak i wykorzystanie odpadków i zużytych materiałów w gospodarstwach domowych i drobnych zakładach przemysłowych jest problemem aktualnym a racjonalne jego zorganizowanie i przeprowadzenie może dać olbrzymie korzyści dla państwa, szczególnie o ile chodzi o produkty i surowce importowane do kraju. W Niemczech z tego źródła uzyskano w ostatnich latach samych odpadków papierowych w ilości

jednego miliona ton rocznie. Obliczają, że w Niemczech wartość rocznie zebranych odpadków wynosi około 550 milionów Reichsmark, co odpowiada 12% całej ilości przerabianych surowców.

Jako przykład można podać, że z 100,000 ton kości można wyprodukować 10.000 ton tłuszczu, 15.000 ton kleju, żelatyny i zawierającej białko mąki kościanej a około 45.000 ton nawozu.

Organizacja zbiórki odpadków po domach w Niemczech jest pierwszorzędnie zorganizowana przy równoczesnym daleko idącym uświadczeniu i zdyscyplinowaniu społeczeństwa pod tym względem. U nas sprawa ta jest zupełnie zaniedbana z wielką szkodą dla gospodarki państwowej. Zbiórka odpadków metalowych, szmat wszelkiego rodzaju, papieru, kości i t. d. była przed wojną bardziej intensywna i rozpowszechniona niż obecnie. Istnieją błędne pod względem gospodarczym pojęcia, że właśnie niszczenie wszelkich starych materiałów i odpadków jest korzystne dla przemysłu a zbiórka nie opłaca się. Zależy to jedynie od właściwej organizacji samej zbiórki, która powinna być postawiona tak, by praca w tej dziedzinie była np. korzystniejsza i pożyteczniejsza dla bezrobotnych niż pobieranie zasiłków.

Najlepszy dowód mamy w krajach anglosaskich, gdzie produkcja jest bardzo intensywna, mimo to takie dziedziny wykorzystania starych materiałów, jak regeneracja gumy lub przeróbka zużytych materiałów wełnianych jest bardzo wysoko postawiona.

Inż. T. L.

Mosty

Prace naukowe prof. Dr S. Bryła w dziedzinie budowy mostów. W r. 1938 ogłosił prof. Bryła w dziedzinie budowy mostów 4 prace. Tytuły ich są: 1) Mosty spawane na autostradach niemieckich, 2) Typy stalowych mostów drogowych o rozpiętościach 5 do 16 m. 3) Konstrukcja mostów z uwagi na obronę przeciwlotniczą, 4) O rozporządzeniu w sprawie obrony przeciwlotniczej w budownictwie.

Artykuł 1 drukowany w „Przeglądzie Technicznym“ Nr 21—22 omawia mosty spawane w Niemczech na autostradach. Wiadomo, że pierwszy most spawany w Łowiczu zbudował prof. Bryła. Była to praca pionierska, niewyzyskana niestety przez nasze władze. Pomysł pochwycili Niemcy i przy budowie autostrad używali jedynie mostów spawanych, wysunawszy się na czoło, gdy my pozostaliśmy w tyle. Niemcy poczynili liczne doświadczenia co do spawania i udoskonalili sposób spawania tak, że teraz przewaga spawania nad nitowaniem jest oczywistą. Belki blaszane stosują do mostów o kilkadziesiąt metrów rozpiętości. Most pod Kalkberge ma rozpiętość 47 m, most na kanale Elstera-Łaba 56 m, wykonany ze stali St 52.

Praca 2. ogłoszona w „Wiadomościach Drogowych“ Nr 132—133 omawia typy stalowych mostów drogowych od $l=5$ do $l=16$ m. Dotychczas mosty o małych rozpiętościach budowano albo kamienne albo żelbetowe i to wedle typów opracowanych przez Radę Cementową a wydanych przez ministerstwo. Dla małych mostów stalowych teraz dopiero wypracowano typ, przy czym pomost stanowi płyta żelbetowa, współdziałająca jako pas górny belek.

Art. 3. omawia konstrukcję mostów z uwagi na obronę przeciwlotniczą, był on referatem na zjazd

inżynierów budowlanych. Nowoczesna wojna wywołuje niebezpieczeństwo nie tylko dla mostów blisko frontu, nalot bowiem może zaatakować mosty w całym państwie. Ze względów przeciwlotniczych najlepiej zachowują się mosty stalowe i żelbetowe. Autor przyznaje wyższość mostom stalowym albo też stalowym obetonowanym. Poleca też użycie belek ciągłych bezprzegubowych. Dalej oświadcza się on za belkami blaszanymi lub też kratowymi o kracie wielokrotnej, dwukrotnej lub złożonej, zwłaszcza dla rozpiętości wyżej 30 m, wreszcie za większą ilością belek głównych.

4-ta rozprawka („Inż. i Bud.“ Nr 1) mówi o wpływie rozporządzenia w sprawie obrony przeciwlotniczej w budownictwie na cenę parcel budowlanych i koszt budynków. Rozbudowanie musi się stać rzadszym, co powoduje spadek cen parcel. Nakaz budowy dachów żelbetowych, schronów i zeskładów szkieletowych dla budynków wyższych podwyższa koszt budowli zależnie zresztą od ilości piąter, ale zwykle nie przekracza 6%.

Dr M. Thullie.

Żelbet

Dachy płaskie i tarasy omawiają w „Inżynierii i Budownictwie“ Nr 2—3 prof. Dr. St. Bryła i inż. Henryk Stankiewicz. Są to problemy aktualne wobec rozporządzenia przeciwlotniczego i nakazu wykonania dachów żelbetowych. Ważną tu nadzwyczaj jest rzeczą uszczelnienie i ochrona warstwą ocieplającą.

Dach stalowy budynku Sp. Perkun w Warszawie omawia w „Spawaniu i Cięciu Metali (1938/I)“ prof. Bryła. Dźwigary dachowe kratowe są spawane, także też i krokwie. Spawano je acetylenem. Pokrycie wykonano z krokwi drewnianych oraz blachy. Celem ocieplenia budynku pomiędzy płytami pod deskowaniem umieszczono 7 cm warstwę heraklitu.

W sprawie badania materiałów izolacyjnych do celów budowlanych ogłasza prof. St. Bryła broszurkę jako zeszyt 4 wydawnictwa Zakładu badawczego budownictwa w Politechnice Warszawskiej. Badanie to powinno iść w tym kierunku, by otrzymać wyniki doświadczeń, przy czym 1) Izolacja powinna być odporną na drgania, zgięcia, rozciąganie, ciśnienie, zmiany temperatury i wody agresywne i być nieprzepuszczalną. 2) Powinna być odporna na starzenie się. 3) Powinna być na rynku w takiej postaci, aby była dogodna i łatwa w stosowaniu.

Sprawę ochrony budowli od wody omawiają w zeszycie 5 wydawnictwa Zakładu badawczego budownictwa prof. St. Bryła i inż. Henryk Stankiewicz. Autorowie żądają wydania przepisów o ochronie budowli od wody, aby uniknąć ogromnych strat, jakie ponosi społeczeństwo przez niedostateczną ochronę niszczenie przedczesne budowli i zawilgocenie ich tak szkodliwe zdrowiu.

Dr M. Thullie.

Koleje

Koleje Kanady. W Kanadzie istnieją dwie sieci kolejowe: państwowa Canadian-National-Railway o rozciągłości 38.047 km i prywatna Canadian-Pacific-Railway o rozciągłości 27.711 km. Struktura obu kolei jest bardzo zbliżona i przecinają się one nawzajem w wielu punktach, nie stanowiąc sieci terytorialnie ściśle rozgraniczonej.

Okoliczność ta sprawia, że już wielokrotnie zastanawiano się nad tem, czy ze stanowiska gospodarki narodowej nie byłoby wskazane bądź utworzenia wspólnego zarządu dla eksploatacji obu sieci, bądź też przynajmniej jak największej ich wspólnoty, przyczem możnaby było znieść kilka tysięcy km linii i uszczuplić kadry pracowników.

Senat kanadyjski powoływał w tym celu specjalne komisje, które jednak dotychczas nie doprowadziły do porozumienia. Sprawa ta posiada już nawet obfitą literaturę (E. Beatty, Hungerford i inni). Sieć państwa jest deficytowa, sieć prywatna dochodową. Najciekawszym jest to, że koleje prywatne są za złączeniem się, natomiast państwowe zajmuje przeciwne stanowisko. (Bulletin de l'Union internationale des chemins de fer" 9/1938).

Inż. A. W. Krüger.

Kronika techniczna

Nekrologia. Polskie Towarzystwo Politechniczne straciło znowu dwu swych członków:

Inż. Tadeusz Gayczak prezes Zarządu Towarzystwa dla eksportu kabli i przewodów w Warszawie, b. dyrektor sp. akc. „Kabel Polski“ w Bydgoszczy, em. naczelnik warsztatów kolejowych we Lwowie, b. dyrektor firmy L. Zieleniewski sp. akc. we Lwowie i Sanoku, b. docent Politechniki Lwowskiej, zmarł w Warszawie dnia 17-go marca 1939 r. przeżywszy lat 59.

Inż. Aleksander Wiktor Juhre kierownik Oddziału Mechanicznego Dyrekcji Lasów Państwowych we Lwowie zmarł 16-go marca 1939 r. w 61 roku życia. S. p. Inż. Juhre był jednym z pierwszych pionierów idei motoryzacji kraju na terenie Lwowa. Prowadził swego czasu warsztaty samochodowe i garaże a na specjalnych kursach wyszkolił liczne rzesze kierowców.

Cześć Ich pamięci!

Kongres budowlany. Związek Polskich Inżynierów Budowlanych, Zarząd Główny Warszawa 1, Mazowiecka 4 m. 5 (Oddział we Lwowie, ul. Zimorowicza 9) donosi, że przed dwoma laty Rząd Polski zaprosił Międzynarodowy Związek Mostów i Konstrukcji, aby urządzić najbliższy Kongres w r. 1940 w Polsce. W myśl tego zaproszenia na posiedzeniu Stałej Delegacji powyższego Związku, które odbyło się w czerwcu 1938 r. w Krakowie ustalono termin Kongresu na wrzesień 1940 r. i opracowano jego program.

W tym celu w dniu 30 marca br. w czwartek o godz. 18 odbędzie się w sali Posiedzeń Senatu Politechniki Warszawskiej pierwsze posiedzenie Komitetu Organizacyjnego z następującym porządkiem obrad:

1. Zagajenie.
2. Wybór przewodniczącego zebrania.
3. Referaty o celach Kongresu i jego organizacji.
4. Ustalenie składu Komitetu Honorowego.
5. Ustalenie Komitetu Organizacyjnego i Wykonawczego.
6. Sprawy związane z organizacją Kongresu.

Przewozy kolejowe i wodne. Uwagi podane na ten temat w Nr 2 „Czasopisma Technicznego“ na str. 24

w kronice, z powołaniem się na Nr 41/1938 „Polski Gospodarzej“, wymagają pewnych uzupełnień.

Długość wód, które nasza ustawa wodna uznała za żeglowne wynosi 6.250 km, a długość handlowo eksploatowanych dróg wodnych nie wiele ponad 2 tysiące kilometrów, lecz 95% przewozów wykazuje Wisła z Notecią i kanałem bydgoskim, o łącznej długości 1290 km. Mówiąc więc o żegludze wiślanej mówi się o całej polskiej żegludze śródlądowej. Ogólne informacje podaje Mały Rocznik Statystyczny, dokładne: Statystyka Polski, Seria C, Zeszyt 81 oraz Rocznik Morski i Kolonialny 1938.

Nasz tabor przewozowy na drogach wodnych liczył wprawdzie w r. 1935 aż 3.069 statków bez własnego napędu, ale odrzucając różne galary, krypy i łodzie o kilkunastotonowej nośności, która przecie nie może być uważana za tabor żeglugi handlowej, otrzymujemy 406 barek. W r. 1938 stan prawie, że nie uległ zmianie i liczba barek klasyfikowanych, a więc nadających się do przewozów handlowych wynosi na Wiśle i Noteci z kanałem bydgoskim 320 sztuk o łącznej ładowności 90 tysięcy ton, a mianowicie 120 barek „wiślanych“ o ładowności 55 tysięcy ton zaś 45.000 ton przypada na 200 barek „kanałowych“. Dyrektor Lloyd Bydgoskiego inż. Zawadzki twierdzi, że przy 35% wyzyskania pojemności taboru tym można przewieźć rocznie 1 milion ton towarów. Niestety tego towaru brak, mimo stałego wzrostu przewozów kolejowych, ponieważ fatalny stan Wisły utrudnia żegludę.

Mimo to ruch holowniczy wkracza już tytułem próby na górną Wisłę, na odcinek Warszawa — Sandomierz i w roku zeszłym powstała dla tych przewozów nowa Spółka tzw. „Lloyd Sandomierski“. Do Krakowa przewozi się ryż z Gdańska—Gdyni i cukier, a z Krakowa sode do Mław nad Gopłem przez kanał bydgoski i mąkę do Warszawy; przewozy wzrastają kolejno i z 2.600 ton w r. 1935 doszły w r. 1938 do 10 tysięcy ton.

Stosunek przewozów wodnych do kolejowych jest nieco słabszy niż to podaje „Polska Gospodarzej“, wynosi bowiem:

	r.	1934	1935	1936	1937
na drogach wodnych					
w 1000 ton		672	713	725	592
na kolej. ¹⁾ w 1000 t		54.897	56.203	57.851	72.827
w %		1.2	1.3	1.25	0.81

W Niemczech przewieziono w milionach ton:

na drogach wodnych	94.2	101.4	116.0	133.0
na kolejach	365.6	408.0	452.4	482.0
w %	26	25	26	28

stosunek przewozów w Polsce i w Niemczech wynosił:

wodnych	1:140	1:140	1:160	1:222
kolejowych	1:6.5	1:7.3	1:7.8	1:6.6

Nie można się dziwić temu, bo przecie Wisła, ten główny trzon naszych dróg wodnych została zdaje się wykreślona z zainteresowań Rządu, sądząc z jej stanu obecnego i wysokości kredytów na rzeki żeglowne w budżecie Ministerstwa Komunikacji (Dział 5, § 13 prelim. budżetowego na 1939/40).

Trafne uwagi na temat opieki Władz komunikacyjnych nad żeglugą Wiślaną wypowiada p. B. Luniak w Nr 6/1938 miesięcznika „Drogi Polski“ i w artykule p. t. „Znaczenie gospodarcze żeglugi na Wiśle“.

A. Konopka.

¹⁾ Mały Rocznik Statystyczny 1938, str. 179.

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

$\frac{1}{4}$ str. zł. 240;	$\frac{1}{2}$ str. zł. 140
$\frac{1}{8}$ „ „ 80;	$\frac{1}{16}$ „ „ 50
$\frac{1}{16}$ „ „ 30;	$\frac{1}{32}$ „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaoferowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji:

Lwów ul. Zimorowicza 1. 9.
Telefon Redakcji 226-60. Telefon Redaktora 236-46 Konto P. K. O. 511.738.

Prenumerata w kraju: rocznie zł. 32; kwartalnie zł. 8.

Cena pojedynczego zeszytu zł. 1.60.

Przy ogłoszeniach powtarzanych udziela się następujących opustów:

2-krotnie 10%	3-krotnie 12%
4- „ 15%	6- „ 20%
10- „ 25%	12- „ 30%
18- „ 40%	24- „ 50%

Dla ogłaszających się stale, zmiany w tekstach ogłoszeń są bezpłatne.