

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

- Pięciolecie eksploatacji kolei polskich 1924—1928, nap. Inż. J. Eberhardt.
- O wysiłku dynamicznym ustrojów sprężystych, nap. Tullio Levi-Civita, Profesor mechaniki teoretycznej na Uniwersytecie w Rzymie.
- Kształcenie inżynierów sanitarnych, nap. Inż. Mag. Z. Rudolf (Warszawa).
- Przegląd pism technicznych.

SOMMAIRE:

- L'exploitation des chemins de fer de Pologne dans le période de 5 ans: 1924—1928 (à suivre) par M. J. Eberhardt, Ingénieur des Ponts et Chaussées.
- Sur l'effort dynamique des systèmes élastiques (suite et fin) par M. T. Levi-Civita, Professeur à l'Université de Rome.
- L'enseignement des ingénieurs sanitaires, par M. Z. Rudolf, Ingénieur.
- Revue documentaire.

Pięciolecie eksploatacji kolei polskich: 1924—1928.

Napisał Inż. J. Eberhardt.

Rok ustalenia waluty był dla kolei polskich rokiem przełomowym. Deficytowe dotąd przedsiębiorstwo kolejowe zaczęło od roku 1924 dawać zyski. Przyczyny tego są jasne.

Podczas inflacji wzrost taryfy nie mógł dostrzymać kroku spadkowi waluty i dlatego kolej musiała dawać straty. Z chwilą ustalenia waluty mogło nastąpić wyrównanie taryfy, i wtedy zaczął wykazywać wpływ korzystny: ten czynnik, że na jeden km kolei w Polsce przypada 1700 głów ludności, podczas gdy w Niemczech jest 1100 głów, a we Francji tylko 1000.

Przy tak korzystnym stosunku długości linii do ilości obsługiwanej ludności, koleje polskie są z natury swej dochodowe, i to się wykazało niezwłocznie po reformie walutowej w r. 1924.

Pozatem ustalenie waluty, stwarzając porównalność finansowych danych statystycznych, umożliwiło oparcie polityki finansowej kolei na pewnym gruncie statystyki, a przez to samo umożliwione zostało uporządkowanie finansów kolejowych.

Dlatego do zobrazowania rozwoju gospodarczego kolei polskich w czasie minionym wystarczy cofnąć się wstecz do r. 1924-go. A że najświeższa w chwili obecnej statystyka kolejowa dotyczy r. 1928-go, pozostaje dla tego zobrazowania okres pięcioletni 1924—1928, który też stanowić będzie przedmiot niniejszej pracy.



Most kolejowy na Prucie pod Jaremczem po odbudowaniu. W tyle most drogowy.

1. Obszar.

Długość sieci P. K. P. (linij czynnych normalnotorowych) wzrosła w ciągu pięcioletnia 1924—1928 b. nieznacznie, bo z 16 687 km do 17 208 km, t. zn. przeciętnie zaledwie o 104 km, czyli o 0,6 % rocznie.

W opracowanym jeszcze w r. 1919 10-letnim pla-

nie budowy nowych linii normalnotorowych przyjęto jako przyrost roczny 350 km, kosztem ok. 150 000 000 zł. rocznie. Przyrost rzeczywisty sieci był zatem przeszło 3 razy mniejszy od projektowanego. Stało się to skutkiem niepowodzenia czynionych prób pociągnięcia do budowy kolei w Polsce kapitału zagranicznego, bo o posiłkowaniu się kapitałem polskim, a tembardziej wydatkiem z kasy skarbowej, nie było, oczywiście, mowy.

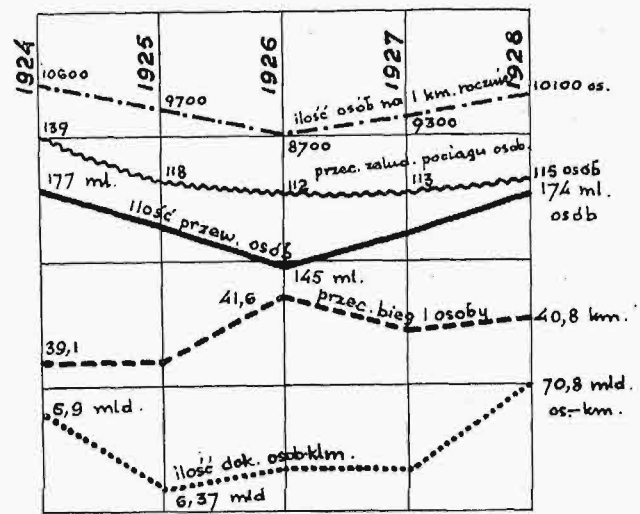
Poza linjami normalnotorowemi, P. K. P. zawierają jeszcze dosyć znaczną sieć kolei wąskotorowych o szerokości toru 0,60, 0,75 i 1,00 m.

Z sieci tej posiadają pewne znaczenie dwie grupy linii: kolejki Górnośląskie i Kujawskie. Kolejki Górnośląskie, wyposażone w ciężki tor i w ciężki tabor, skutecznie uzupełniają pracę kolei normalnych w ruchu towarowym pomiędzy kopalniami a zakładami przemysłowemi na G. Śląsku. Kolejki Kujawskie obsługują przemysł rolny i cukrowniczy na Kujawach. Będąc przed długi czas przedmiotem rokowań pomiędzy Rządem a połączonemi cukrowniami kujawskimi, kolejki te, eksploatowane przez Rząd, mają obecnie przejść ostatecznie na własność Skarbu.

Pozostałe kolejki wąskotorowe, znajdujące się w ręku Rządu, powstały przeważnie podczas wojny dla obsługi linii frontu. Kolejki te posiadają obecnie pewne znaczenie miejscowe dla obszarów kresowych przez nie obsługiwanych, ale państwowe znaczenie ich jest nieznaczne, a całkowity obrót sieci kolei wąskotorowych P. K. P., której długość sięga 2376 km, wynosi zaledwie 1% obrotu całej sieci P. K. P. Dlatego w dalszym ciągu będzie mowa tylko o liniach normalnotorowych.

2. Przewozy.

Ohraz rozwoju ruchu, tak osobowego, jak i towarowego, na liniach normalnotorowych P. K. O. w pięcioleciu 1924—1928 daje tabela 1.



Wykres 1.

Charakterystyki przewozów osobowych w okresie 1924—1928.

Odbiciem normowania się stosunków gospodarczych był stopniowy od 1923 spadek liczby podróży, która w r. 1926 doszła do 8700 na 1 km.

Od tego roku zaczyna się wzrost liczby podróży w tempie przewyższającym odpowiedni wzrost przedwojenny. Widać stąd, że rosnący ruch autobusowy nie zdążył jeszcze w latach 1926—1928 wytworzyć znacznej konkurencji kolei, chociaż możliwe jest, że tej właśnie konkurencji przypisać

TABELA I.

Przewozy	1924	1925	1926	1927	1928
a. Osobowe.					
Ilość przewiezionych osób	176 981 000	162 604 000	146 970 000	159 386 000	174 359 000
Ilość dokonanych osobo-km.	6 903 648 000	6 366 218 000	6 448 420 000	6 435 186 000	7 076 575 000
Przeciętny bieg osoby, km	39,1	39,2	41,6	40,4	40,8
b. Towarowe.					
Ilość przewiezionych tonn	59 853 000	58 363 000	58 220 000	64 495 000	72 226 000
Ilość dokonanych tkm	11 012 318 000	12 209 624 000	15 142 156 000	17 364 616 000	20 092 360 000
Przeciętny bieg tonny, km	184,0	210,9	260,1	269,2	278,2
c. Dzienny ładunek wagonów, sztuk (15-tonnowych)					
w kraju	10 600	10 400	12 110	13 580	14 790
zagranicą	1 500	1 500	1 430	1 670	1 640
tranzytem	600	700	900	1 100	1 100

Ruch osobowy z początku spada, nieco mniej co do ilości przewiezionych osób i mniej co do ilości dokonanych osobokilometrów.

Od r. 1926 następuje szybki wzrost jednych i drugich. Przeciętny bieg jednej osoby, z początku stały, wykazuje w r. 1926 doraźny wzrost, po których dalej następuje pewien spadek. To samo wykazuje wykres 1.

Chaos gospodarczy powojenny, inflacja i zbyt niska taryfa spowodowała wszędzie znaczny wzrost podróży indywidualnych. Przed wojną na obszarze obecnej Polski przypadało na jeden km linii nie więcej nad 7500 podróży rocznie. Po wojnie liczba ta przekroczyła 10 000.

należy wzrastanie przeciętnego biegu jednego podróznego. Doraźny wzrost tej cyfry w r. 1926 tłumaczy się wypadkami majowemi, które spowodowały odpadnięcie znacznej liczby podróży podmiejskich, którzy właśnie wpływają na obniżenie przeciętnego biegu jednego podróznego.

W ilości przewiezionych tonn towaru (wykres 2) widoczne jest z początku nieznaczne zmniejszenie, spowodowane rozpoczęciem wojny celnej z Niemcami (przerwa wywozu węgla z Górnego Śląska do Niemiec). W ilości dokonanych tonnokilometrów zmniejszenie to nie znajduje odbicia, gdyż węgiel przewożony do Niemiec przebiegał przestrzenie nieznaczne.

Od r. 1926 następuje szybki wzrost ruchu towarowego, nieco większy w tonnokilometrach niż w tonnach. Jest to przede wszystkim wpływ eksportu węgla przez porty Bałtyckie, na który w r. 1928 przypada 7 700 000 tonn i 4 736 000 000 tonnokilometrów. Jednakże i po potrąceniu węgla pozostaje znaczny wzrost innych przewozów towarowych, co świadczy o wzroście obrotu towarowego w kraju. Cyfra przeciętnego biegu jednej tonny ładunku wykazuje przy stałym wzroście w ciągu pięciolecia pewien skok w r. 1926, co się tłumaczy wpływem zamiany bliskiego eksportu węgla do Niemiec nowopowstałym eksportem dalekim przez porty Bałtyckie.

Przeciętny ładunek dzienny towarów w kraju w przeliczeniu na wagony 15-tonnowe wzrasta z 10 600 wagonów w r. 1924 do 14 790 wagonów w r. 1928, t. zn. o 40%. Ilość takich samych wagonów ładowanych przybywających z zagranicy wzrasta z 1500 wagonów w r. 1924 do 1640 wagonów w 1928, t. zn. o 10%. Wreszcie ilość wagonów ładownych przechodzących transito wzrasta z 600 dziennie w r. 1924 do 1100 w 1927 i pozostaje taką w r. 1928, t. zn. prawie się podwaja.

Wszystko to razem świadczy o stałym rozwoju ruchu osobowego i towarowego na P. K. P., w tempie znacznie przewyższającym tempo przedwojenne. Wypadałby stąd wniosek, że gospodarstwo społeczne w Polsce, nie bacząc na tak przykro odczuwane trudności finansowe, kroczyło w pięcioleciu 1924—1928 po drodze stałego rozwoju, a spożycie wewnętrzne wzrastało w stopniu przewyższającym znacznie stopień przyrostu ludności.

Z porównania napięcia ruchu na kolejach w r. 1928 z kolejami państw zaborczych, według tabeli II, wypada, że napięcie ruchu osobowego w Polsce, wynoszące 411 000 osobokm na kilometr linii, ustępowało wprawdzie znacznie napięciu ruchu osobowego na przedwojennych kolejach niemieckich, ale dorównywało kolejom rosyjskim i o wiele przewyższało napięcie ruchu osobowego na kolejach austriackich. Natomiast pod względem napięcia ruchu towarowego koleje polskie w r.

TABELA II.

Przewozy	Rosja Europejska 1911	Niemcy 1911	Austro-Węgry 1911	Polska 1928
Długość linii . . .	55 404	58 817	40 970	17 208
Osoby (tysiące) .	202 872	1 613 977	384 673	174 359
Osobokm (miljony)	24 292	41 706	13 924	7 077
Osobokm na 1 km.	440 000	709 999	324 000	411 237
km na 1 osobę .	120,0	26,0	36,0	40,8
tonny (tysiące) .	244 062	592 531	213 235	72 226
tkm (miljony)	56 251	61 109	24 971	20 692
tkm na 1 km . . .	1 015 000	1 039 000	581 000	1 540 000
km na 1 t	230,0	103,0	112,9	278,2
Stosunek tkm do osobokm	2,3	1,5	1,8	2,9

1928 przewyższały znacznie koleje państw zaborczych. Wykazują bowiem 1 540 000 tonnokm na km linii, kiedy koleje niemieckie wykazują tylko 1 039 000 tonnokm, rosyjskie 1 015 000 tonnokm, a austriackie zaledwie 581 000 tonnokm. Tłumaczy się to odcieżeniem kolei w państwach zaborczych przez potężne systemy wewnętrznych komunikacji wodnych, kiedy w Polsce koleje są dotąd jedynym środkiem komunikacyjnym dla przewozu towarów. W każdym bądź razie przeciętne obciążenie kolei polskich przewozami towarowymi jest bardzo znaczne, a nierównomierny rozkład tych przewozów na sieci powoduje nadmierne przeciążenie niektórych szlaków, co znów dowodzi bezwzględnej konieczności poszerzenia sieci kolejowej w Polsce. Budowana obecnie linja Zagłębie-Bałtyk zaradzi złemu na najbardziej przeciążonym szlaku Sosnowiec—Częstochowa—Koluszki. Zachodzi jednak potrzeba dalszej rozbudowy sieci kolejowej w Polsce, i to w tempie conajmniej 350 km rocznie, jakie ustalał plan z r. 1919.

Z kwestją napięcia ruchu łączy się bezpośrednio sprawa zaopatrzenia kolei w tabor.

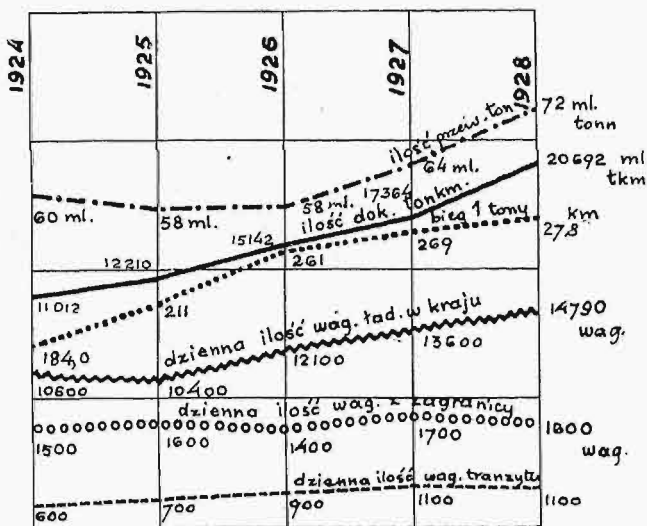
Tabor.

Koleje polskie posiadały w r. 1928 średnio 5215 parowozów, 10 012 wagonów osobowych i 144 652 wagonów towarowych.

TABELA III.

Wyszczególnienie	Rosja 1911	Niemcy 1911	Austro-Węgry 1911	Polska 1928
Parowozy	16 990	27 579	11 105	5 215
„ szt. na 100 km	30,7	46,9	25,8	30,3
Wag. osobowe . .	21 289	62 371	23 447	10 012
„ na 100 km	38,4	106,0	54,5	58,2
Wag. towarowe . .	409 338	637 357	232 631	144 652
„ na 100 km	739	1 084	568	841

Z tabeli III widać, że na 100 km długości sieci, koleje polskie posiadają parowozów nie mniej niż przedwojenne koleje rosyjskie, więcej niż austriackie i mniej niż niemieckie. A z zestawienia tych cyfr z odpowiednimi cyframi napięcia ru-



Wykres 2.

Charakterystyki przewozów towarowych w latach 1924—1928.

chu wypadu, że tabor jest obecnie na kolejach polskich wyzyskiwany lepiej niż przed wojną.

Mimo to sprawa polepszenia stanu taboru i powiększenia jego liczby wciąż jeszcze jest jednym z najważniejszych zagadnień kolejnictwa polskiego.

W ciągu pięciolecia 1924—1928 skreślono na P. K. P. z inwentarza ogółem 494 zużytych starych parowozów, a wpisano doń nowych mocnych parowozów 454.

Wszystkie te parowozy zostały wykonane w wylówniach krajowych według projektów typowych polskich. Przyczyniły się one do podniesienia przeciętnej wagi napędnej parowozu z 49,5 t w r. 1924 do 53,3 t w r. 1928, t. zn. o 8%. Przeciętny wiek parowozu wynosi jednak w Polsce wciąż jeszcze 18,5 lat, kiedy w Niemczech jest 13 lat, t. zn. prawie o 30% mniejszy.

Odnawianie zatem taboru postępuje w Polsce zbyt powolnie. Zato stan naprawy taboru poprawił się i poprawia znacznie.

Pamiętny jest rozpaczliwy stan tej naprawy w początku istnienia PKP.

W r. 1921 było średnio chorych: parowozów 43%, wagonów osobowych 27%, towarowych 12%. W r. 1924 liczby te spadły odpowiednio do 17%, 18% i 10%, a w r. 1928 mamy jeszcze wprawdzie 17% chorych parowozów, ale tylko 7% chorych wagonów osobowych i 5% wagonów towarowych. Są to już cyfry spotykane na kolejach w stosunkach normalnych.

Tak dobry wynik zawdzięczać należy usilnym staraniom nad dźwignięciem i uporządkowaniem warsztatów kolejowych. Wprowadzono specjalizację według rodzajów napraw, racjonalne premjowanie pracy i nawet dosyć daleko posuniętą naukową organizację pracy. W rezultacie czasu trwania głównej naprawy parowozu, który w r. 1924 wynosił średnio 124 dni, spadł w r. 1928 do 78 dni, a jednocześnie odstęp pomiędzy naprawami głównymi został przeniesiony z czasu na bieg

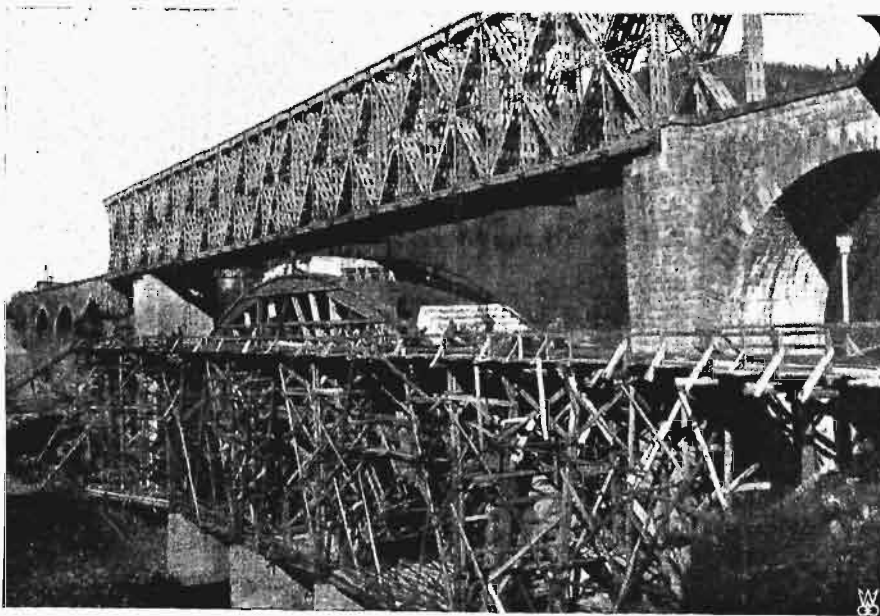
i podniesiony dla parowozów towarowych średnio do 145 000 km, a dla parowozów osobowych nawet do 222 000 km. Z tem wszystkim ilość warsztatów i uposażenie ich nie odpowiada jeszcze wymaganiom i dalsze udoskonalenie tutaj jest w toku.

TABELA IV.

Wyszczególnienie	Rosja 1911	Niemcy 1911	Austro- Węgry 1911	Polska 1928
Przebieg pociągów w tys km:				
a. osobowych . .	141 377	450 381	169 226	60 041
b. towarowych . .	211 053	275 926	130 067	59 279
c. wszystkich . .	352 430	726 307	299 293	119 320
Przeciętna dzienna ilość pociągów na 1 km linii:				
a. osobowych . .	7,0	21,0	10,8	7,5
b. towarowych . .	10,4	12,9	8,3	11,5
c. całkowita . .	17,4	33,9	19,1	19,0
Przeciętna ilość osi w pociągu:				
a. osobowym . .	33,3	19,5	17,5	27,3
b. towarowym . .	75,4	78,5	71,5	98,5
Przeciętna ilość osób:				
a. na pociąg . .	173	93	82	117
b. na os	4,9	4,8	4,7	4,1
Przeciętna ilość ładunków, tonn:				
a. na pociąg . .	207	221	192	339
b. na os	3,5	2,8	2,7	3,5 (5,7) ład.

Wydatność pracy taboru na PKP w r. 1928 w porównaniu z kolejami państw zaborczych przed wojną wykazuje tabela IV. Widać z niej, że na 1 km sieci przeciętna dzienna ilość pociągów osobowych jest w Polsce mniejsza niż była w Niemczech i Austrii, ale większa niż w Rosji, natomiast przeciętna liczba dzienna pociągów towarowych jest w Polsce większa niż w Rosji i w Austrii i mało co mniejsza niż w Niemczech. Zato przeciętna ilość osi w pociągu towarowym na kolejach polskich jest już większa niż była przed wojną nie tylko w Rosji i Austrii, ale i w Niemczech, a przeciętna ilość osi w pociągu osobowym ustępuje tylko Rosji przedwojennej, znanej z nielicznych, ale zato długich pociągów osobowych.

Również przeciętne obciążenie ładunkowe, zarówno pociągu towarowego, jak osi, jest obecnie w Polsce nierównie większe od tego, jakie



Most kolejowy na Prucie pod Jaremczem podczas odbudowy bez przerwy ruchu, utrzymywanego po tymczasowym prześle stalowym.

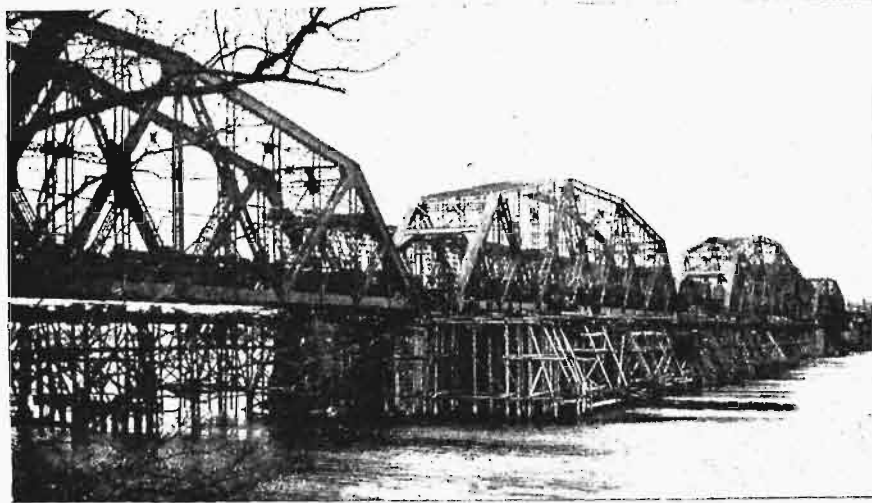
było przed wojną na kolejach państw zaborczych. Nawet obecnie, w r. 1928, kiedy na kolejach polskich wypadło średnio już 339 tonn ładunku na pociąg i 3,5 tonn na oś, na kolejach niemieckich było tylko 268 tonn na pociąg i 3,4 tonn na oś. Widać z tego, że koleje polskie zrobiły duże postępy w kierunku powiększenia ciężaru ładunku pociągu. Tłumaczy się to nie tylko znaczną przewagą ciężkiego ruchu węglowego, bo ten w Niemczech podobnie poważną rolę odgrywa, ale staniem kolei o zastosowanie się do wyjątkowo niskich taryf węglowych drogą zmniejszenia kosztów przewozu, na które zwiększenie wagi netto pociągu wywiera wpływ stanowczy.

Personel.

Administrację Kolei Polskich oddawna przesładuje zarzut niegospodarności, z powodu utrzymania rzekomo nadmiernego liczebnie personelu. Zarzut ten, powtarzany niekiedy i teraz jeszcze, był dawniej niesłuszny pod względem polityczno-gospodarczym, a dziś jest już pozbawiony wszelkiej podstawy.

Zaraz po wojnie zastępy kolejarzy Polaków, zatrudnionych na ziemiach południowych i zachodnich dawnej Austrii, w zachodnich prowincjach Niemiec i na olbrzymich przestrzeniach dawnej Rosji, zaczęły tłumnie ścigać na koleje polskie. Jakkolwiek, przy ówczesnym słabym jeszcze rozwoju ruchu, koleje te nie potrzebowały takiej ilości pracowników, nie było żadnej możliwości politycznej powstrzymania się od ich przyjęcia, a był też wzgląd przemawiający za tem, ażeby utrzymać przy warsztacie kolejowym zastępy fachowców w celu urobienia z nich kadrów pracowników niezbędnych przy spodziewanym dalszym rozwoju kolejnictwa. Polityka ta wykazała wkrótce swoją celowość, gdyż niewątpliwie swe dalsze postępy zawdzięcza kolejnictwo polskie w dużej mierze wysokiemu doborowi pracowników pod względem kwalifikacyj fachowych. W pierwszym czasie powstało pewne przeludnienie personelu, co zresztą nie było tak wielkiem złem, jeżeli zważyć, że był to okres inflacji, kiedy o jakiej takiej kalkulacji przedsiębiorstwa kolejowego nie mogło być mowy, i że były to czasy powszechnego braku inicjatywy na innych polach pracy przemysłowej.

Obecny stan personelu wykazuje tab. V. Widać z niej, że całkowita liczba personelu stałego etatowego i nieetatowego wynosiła w r. 1928 średnio 160 000 osób. Stanowi to na 1 km linii 9,3 osoby, t. zn. mniej niż przed wojną na kolejach państw zaborczych. W stosunku do jednostki wykonanej pracy, t. j. do 10 000 pociągokilometrów, wypada



Most kolejowy na Wiśle pod Dęblinem.

na kolejach polskich 13,4 osób, t. zn. mniej niż było na kolejach Rosji i Austrii, a na 1 000 000 tkm 5,7, — czyli mniej niż przed wojną na kolejach wszystkich państw zaborczych i nawet nieco mniej, niż w tym samym r. 1928 na tak dobrze prosperujących kolejach, jak niemieckie, eksploatowanych przez towarzystwo akcyjne, całkowicie na zasadach handlowych.

Personel na kolejach polskich jest zatem uzyskany oszczędnie i zarzuty przeludnienia administracji kolejowej powinny już ustać.

Mogłaby być jeszcze mowa o wyrównaniu pewnych miejscowych nieprawidłowości w skupieniu personelu i o zmniejszeniu ilości rąk roboczych w zależności od dalszego postępu mechanizacji aparatu kolejowego, ten jednak zależy od wysokości inwestowanego kapitału; np. pokaźne zmniejszenie personelu ruchu wypłynie z zamierzonego obecnie wprowadzenia hamulców samoczynnych do pociągów towarowych. Odpadną bowiem wtedy konduktorzy przy hamulcach ręcznych, a zwiększona prędkość handlowa pociągów zmniejszy ilość taboru na jednostkę ładunku i, co za tem idzie, ilość pracowników zajętych utrzymywaniem taboru. Ale wprowadzenie hamulców ciągłych do ruchu tonażowego na PKP wymaga inwestowania kapitału do 200 000 000zł.

TABELA V.

Wyszczególnienie	Rosja 1911	Niemcy 1911	Austro- Węgry 1911	Polska 1928
Ilość całkowita personelu stałego	696 000	711 000 (701 000)*	408 000	160 232
na 1 km linii . .	12,6	12,1 (13,1)	9,5	9,3
na 1000 poc.-km .	19,7	9,8 (10,8)	13,6	13,4
na 1 000 000 osobo-tonn-km. .	8,6	6,9 (5,8)	10,5	5,7

*) w nawiasie r. 1928.

W każdym razie kolej pozostanie zawsze dużym warsztatem pracy, potrzebuje bowiem z istoty swej znacznej ilości personelu.

Kolejarz właściwy nie pracuje tak, jak inni pracownicy przemysłowi, a tylko pełni dyżur, podczas którego wykonywa mniej albo więcej pracy e-

fektywnej. Dyżur ten trwa całą dobę, a zatem przy 8-godzinnym dniu roboczym wymaga trzech ludzi na każde stanowisko, i stąd ta wielka liczba personelu, która nie powinna zrażać swoją wielkością bezwzględną, skoro cyfry stosunkowe są znośne. (d. n.)

O wysiłku dynamicznym ustrojów sprężystych¹⁾.

Napisał Tullio Levi-Civita, Profesor mechaniki teoretycznej na Uniwersytecie w Rzymie.

7. Omówienie otrzymanego wyniku, Przykłady.

Wstawiając w (13) wartość na μ z (14''), otrzymujemy Ω_d w rozwiniętej, choć mniej przejrzystej postaci:

$$(13') \quad \Omega_d = 2\Omega_s + E + 2\sqrt{\Omega_s(\Omega_s + E)},$$

która ma tę jedynie wyższość nad (12) łącznie z (14''), że nie podlega ograniczeniu $U \neq 0$, lecz zachowuje ważność nawet w tym wypadku, gdy wogóle nie ma obciążeń, to jest przy $\Omega_s = 0$. Wtedy bowiem sprowadza się do

$$\Omega_d = E,$$

zgodnie z (7).

Wypada nam teraz objaśnić otrzymany rezultat przez kilka przykładów.

Zajmijmy się narazie częstokroć podawanym przypadkiem, gdy dane obciążenia (posiadające funkcję sił U) zaczynają działać w chwili, gdy ustrój znajduje się bez ruchu w położeniu naturalnym O . Gdyby ustrój mógł pozostać w równowadze pod tem obciążeniem, to jego wysiłek statyczny byłby równy Ω_s .

Ale zanim ta równowaga ustanowić się zdoła, ustrój będzie pozostawał w stanie ruchu. Początkowe warunki są tu:

$$T = 0, \quad \Omega = 0, \quad U = 0, \quad \text{więc} \quad E = 0.$$

Z (14'') otrzymujemy przeto: $\mu = 2$, a więc górnym krańcem wysiłku podczas drgań stąd wynikłych będzie

$$\Omega_d = 4\Omega_s.$$

Wysiłek dynamiczny może więc osiągnąć 4-krotnej wartości odnośnego wysiłku statycznego.

Że taki górny kraniec może być w istocie osiągnięty, o tem możemy się łatwo przekonać na prostym przykładzie o jednym stopniu swobody.

Zajmijmy się więc drganiami sprężyny, wywołanymi nagłym zawieszeniem ciężaru B na jej dolnym końcu.

Pomijając masę samej sprężyny wobec masy zawieszonoego ciężaru $m = \frac{B}{g}$, otrzymujemy ze znanych już związków:

$$(1') \quad \Omega = \frac{1}{2}e s^2, \quad (2') \quad U = B s, \quad (5') \quad T = \frac{1}{2}m \dot{s}^2,$$

odnośne równanie ruchu (Lagrange'a)

$$\ddot{s} = -\omega^2 s + g,$$

w którym dla krótkości wprowadzono $\omega^2 = \frac{e}{m}$.

Równanie to (które można także otrzymać zupełnie elementarnym sposobem) posiada całkę osobliwą:

$$s = \frac{g}{\omega^2},$$

odpowiadającą położeniu równowagi w chwili, gdy dane obciążenie jest zrównoważone siłą sprężyny.

Rozwiązane dla stanu drgań sprężystych, czyli całkę ogólną otrzymamy, dodając do powyższej całki osobliwej całkę równania jednorodnego

$$\ddot{s} = -\omega^2 s.$$

Mamy tu do czynienia widocznie z drganiami harmonicznymi około położenia $s = 0$ i o częstości równej $\frac{\omega}{2\pi}$; wyrażają się one wzorem:

$$s = r \cos(\omega t + \theta_0),$$

w którym $r > 0$ i θ_0 są stałymi całkowania. Należy je tak oznaczyć, by w pierwszej chwili $t = 0$ panował spoczynek w miejscu $s = 0$.

Z całki ogólnej

$$s = r \cos(\omega t + \theta_0) + \frac{g}{\omega^2}$$

otrzymuje się w ten sposób:

$$s = \frac{g}{\omega^2} (1 - \cos \omega t),$$

więc największe wychylenie (dynamiczne) z położenia początkowego wynosi

$$\frac{2g}{\omega^2}$$

i występuje dla ωt równego nieparzystym wielokrotnościom liczby π .

Ponieważ wysiłek $\Omega = \frac{1}{2}e s^2$ jest proporcjonalny do s^2 , więc osiąga on tutaj faktycznie przy $s = \frac{2g}{\omega^2}$ wartość cztery razy większą od odnośnego wysiłku statycznego, któremu odpowiada $s = \frac{g}{\omega^2}$.

Przejdźmy teraz do nieco ogólniejszego zastosowania.

Załóżmy mianowicie, że przed tą chwilą, w której obciążenia B_h zaczynają nagle działać, ustrój znajdował się w równowadze pod wpływem innych obciążeń, stojących w stałym stosunku α do obciążeń B_h .

Przyjmując $\alpha > 1$, mamy nagle zmniejszenie obciążenia w stosunku $1:\alpha$; gdy α jest ułamkiem

¹⁾ Dokończenie do str. 354 w zesz. 16 z r. b.

właściwym, mamy gwałtowne zwiększenie obciążenia; ujemne α wskazuje ponadto na odwrócenie kierunku obciążenia.

W tych warunkach — jak to widać z równań (12) i (13) — za wartości początkowe należy przyjąć ogólnie:

$$T = 0, \quad \Omega = \alpha^2 \Omega_s, \quad U = \alpha U_s.$$

Przypominając sobie, że $2\Omega_s = U_s$, mamy dalej:

$$E = T + \Omega - U = (\alpha^2 - 2\alpha) \Omega_s,$$

$$1 + \frac{E}{\Omega_s} = (1 - \alpha)^2.$$

Wartość absolutna $\sqrt{1 + \frac{E}{\Omega_s}}$ jest tedy równa $\alpha - 1$ przy $\alpha \geq 1$, natomiast $1 - \alpha$ przy $\alpha \leq 1$, więc oczywiście także dla ujemnych α .

Zapomocą (14'') otrzymujemy przeto:

$$\mu = \begin{cases} \alpha, & \text{skoro } \alpha \geq 1 \\ 2 - \alpha, & \text{gdy } \alpha \leq 1 \end{cases}$$

i odpowiednio z (12)

$$\Omega_d = \begin{cases} \alpha^2 \Omega_s, & \text{jeżeli } \alpha \geq 1 \\ (2 - \alpha)^2 \Omega_s, & \text{przy } \alpha \leq 1. \end{cases}$$

Ponieważ Ω jest formą kwadratową q_h , te zaś znowu zapomocą równań (3') dają się przedstawić jako formy linjowe obciążeń B_h , więc Ω daje się wyrazić także formą kwadratową — w tym wypadku formą odwrotną — obciążeń B_h . Stąd wypływa wprost, że $\alpha^2 \Omega_s$ jest pierwotnym wysiłkiem statycznym ustroju, — a więc wysiłek dynamiczny ustroju na skutek nagłego zmniejszenia obciążeń nie może być większy od pierwotnego wysiłku statycznego.

Natomiast przy nagłym zwiększeniu obciążenia bez zmiany kierunku ($0 < \alpha < 1$), odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa

$$(15) \quad \mu^2 = (2 - \alpha)^2$$

wskazuje, że wysiłek dynamiczny może w tym wypadku osiągnąć conajwyżej 4-krotną wartość wysiłku statycznego, jaki istotnie będzie miał miejsce, gdy wreszcie równowaga się ustali. Wartość największą ($\mu^2 = 4$) osiągnąć może tu wysiłek dynamiczny tylko wtedy, gdy $\alpha = 0$, to znaczy gdy punktem wyjścia był stan spoczynku w położeniu naturalnym, to jest nieobciążonym.

Wreszcie gdy nagłej zmianie wielkości towarzyszy odwrócenie kierunku obciążenia ($\alpha < 0$), to μ^2 jest zawsze większe od 4 bez żadnego ograniczenia. Na osobną wzmiankę zasługuje przypadek szczególny $\alpha = -1$, cechujący proste odwrócenie kierunku obciążenia, bez zmiany intensywności; wówczas mamy: $\mu^2 = 9$.

Podobnie jak to pokazaliśmy poprzednio na szczególnym przypadku, możemy i tutaj przekonać się, że wysiłek dynamiczny może faktycznie osiągnąć te krańcowe wysokie wartości; wystarczy do tego znowu zbadać odpowiednio proste ustroje o jednym stopniu swobody.

Wysiłek jako funkcja energii E. Ogólny charakter działania oporów ruchu.

Z ustępu 5 wiemy, że dopuszczalnym obszarem zmienności E jest przedział: $-\Omega_s \text{ — } +\infty$. We wzorze (14'') rzuca nam się w oczy, że μ stale rośnie ze wzrostem E w tym przedziale. Stąd wynika, że górny kres dynamicznego wysiłku $\Omega_d = \mu^2 \Omega_s$ jest stale rosnącą funkcją energii E .

Stwierdziwszy to, postawmy założenie, — odpowiadające w zupełności realnym stosunkom, — że oprócz sił sprężystych i obciążeń pojawiają się jeszcze opory bierne, jako to tarcie, lepkość i t. p. Nie analizując ich bliżej, podkreślimy tylko tę — nasuwającą się — najważniejszą okoliczność, że i tutaj — podobnie zresztą jak w statyce — pojawienie się sił rozpraszających, to jest takich, których praca jest zawsze ujemna, działa na korzyść bezpieczeństwa w tym sensie, że największy wysiłek dynamiczny wypada skutkiem tego mniejszy niż, caeteris paribus, w odpowiednim zachowawczym przypadku.

Dowód tego jest prosty. Należy tylko zamiast (6) ustawić ogólniejszy bilans energii, któryby obejmował także pracę — Ψ sił rozpraszających w okresie od początku aż do odpowiedniej chwili t .

Równaniem określającym obecnie górny kraniec funkcji Ω jest przeto

$$(16) \quad T + \Omega - U = E - \Psi,$$

gdzie Ψ na podstawie określenia jest wielkością nie ujemną, przybierającą dla $t=0$ wartość równą zeru.

W nieznanym jeszcze narazie stanie krańcowego wysiłku sprężystego będzie się spełniać (16), przyczem funkcja Ψ przybierze odpowiednio także jeszcze nieznaną, ale w każdym razie nie ujemną wartość Ψ_d . Oznaczmy dla krótkości przez E' różnicę $E - \Psi_d$, to zadanie nasze obecne sprowadzi się do wyznaczenia maximum względnego funkcji Ω przy warunku

$$T + \Omega - U = E'.$$

Mamy więc zasadniczo to samo zadanie co poprzednio (ustępy 5 — 6) dla takiego samego ustroju pod działaniem sił li tylko zachowawczych, — naturalnie jeżeli do warunków początkowych wprowadzimy E' , która to wielkość nie jest nam teraz bliżej znana, lecz w każdym razie nie jest większa niż E .

Odpowiednie maximum względne Ω_d' będzie więc w istocie nie większe (\leq) od Ω_d , c. b. d. o.

Więcej naogół twierdzić nie wolno — i łatwo tu także można się przekonać, że dobierając odpowiednie warunki początkowe można doprowadzić funkcję Ω do istotnego osiągnięcia górnego krańca Ω_d , pomimo działania oporów.

Wypada jednak nadmienić, że niedawno temu p. Krall*) zajmował się bliżej tą interesującą sprawą i — używając spólrzędnych normalnych — podał godną uwagi klasę ustrojów sprężystych o tarcu wewnętrznym, dla których przy drganiach

*) Rend. della R. Accademia dei Lincei, tom VII, 1928, str. 223 — 228 oraz 556 — 561.

z położenia równowagi da się określić współczynnik bezpieczeństwa $\mu' < \mu$.

Dokładniej znajduje się

$$\mu' - 1 = (\mu - 1) e^{-\frac{\gamma}{v}},$$

gdzie γ oznacza stałą zależną od sprężystości i tarcia wewnętrznego materiału, a v jest częstotliwością podstawową swobodnych drgań ustroju.

7. Twierdzenie pomocnicze.

Zgodnie ze zwyczajem, oznaczymy przez Q_h składowe Lagrange'owskie jakichkolwiek sił przyłożonych do badanego ustroju.

Jeżeli znamy lokalne rozmieszczenie tych sił, to jest ich wektory miejscowe f_i , przedstawiające w odnośnych punktach P_i zaczepione siły, to zależność Q_h od f_i wyraża się w następujący sposób:

$$Q_h = \sum_i f_i \times \frac{\partial P_i}{\partial q_h}, \quad h = 1, 2, \dots, n,$$

gdzie ∂P_i oznacza wektor przesunięcia odnośnego punktu, wywołanego zmianą samej tylko współrzędnej q_h , znak \times wskazuje iloczyn skalarowy, a suma rozciąga się na wszystkie punkty materialne ustroju.

Elementarna praca wykonana przez Q_h , podczas gdy współrzędne q_h wzrosną o $dq_h = \dot{q}_h dt$, wyrazi się zawsze wzorem:

$$dt \cdot \sum_h Q_h \dot{q}_h,$$

tak że moc w i praca całkowita A w skończonym odstępie czasu $0 \text{---} \tau$ będą odpowiednio

$$(17) \quad w = \sum_h Q_h \dot{q}_h,$$

$$(18) \quad A = \int_0^\tau w dt.$$

Wydaje nam się wskazane oprócz tych (współzmiennych) składowych Q_h wprowadzić także odpowiednie przeciwzmiennie składowe Q^h , określone przez równania:

$$(19) \quad Q_h = \sum_k a_{h,k} Q^k,$$

gdzie naturalnie $a_{h,k}$ są — tak samo jak w (5) — współczynnikami wyrażenia na energię kinetyczną T .

Wzór (17) na w można tedy napisać w postaci:

$$(17') \quad w = \sum_{h,k} a_{h,k} \dot{q}_h Q^k.$$

W dalszych rozważaniach posługiwać się będziemy także wielkością:

$$(20) \quad \gamma = \frac{1}{2} \sum_h Q_h \dot{Q}^h = \frac{1}{2} \sum_{h,k} a_{h,k} Q^h \dot{Q}^k,$$

którą wypada nazwać naporem statycznym; jest to mianowicie niezmiennicza, to znaczy nie zależna od wyboru Lagrange'owskich parametrów, funkcja danych sił, nie ujemna, pojęciowo blisko pokrewna klasycznemu naporowi Gauss'a^{*)}. W rzeczy samej, dla swobodnego układu punktów nie posiadających przyspieszeń schodzi się (20) dokładnie z klasyczną definicją Gaussa:

$$\gamma = \frac{1}{2} \sum_i \frac{1}{m_i} f_i^2,$$

w której m_i oznacza masę punktu P_i ; w każdym razie (20) posiada tę właściwość, że warunki równowagi $Q_h = 0$, równowarte zresztą widocznie warunkom:

$$Q^h = 0, \quad (h = 1, 2, \dots, n)$$

są zarazem warunkami minimum dla funkcji γ .

Teraz przystąpimy do wyprowadzenia ważnej nierówności, która nam pozwoli ograniczyć bezwzględną wartość A . Będzie to w zasadzie tak zwana nierówność Schwarz'owska, której można dowieść w następujący sposób.

Z powodu dodatniego określonego charakteru formy T , mamy z konieczności

$$\frac{1}{2} \int_0^\tau dt \sum_{h,k} a_{h,k} (\xi \dot{q}_h + \eta Q^h) (\xi \dot{q}_k + \eta Q^k) \geq 0$$

dla wszelkich rzeczywistych wartości ξ oraz η . Uważając te argumenty za niezależne od t , można — uwzględniając (5), (17'), (18) i (20) — napisać powyższą nierówność w postaci:

$$\xi^2 \int_0^\tau T dt + 2 \xi \eta A + \eta^2 \int_0^\tau \gamma dt \geq 0,$$

a stąd już wynika wprost szukane ograniczenie dla A^2 , a więc pośrednio także dla $|A|$.

$$(21) \quad A^2 \leq \int_0^\tau T dt \cdot \int_0^\tau \gamma dt.$$

Tego rodzaju relacje spełnia się dla jakiegokolwiek wartości τ^* zawartej w przedziale $0 \text{---} \tau$, a w szczególności także w chwili, w której (ciągła) funkcja $|A|$ osiąga swoje maximum A^* . Mamy więc oprócz (21):

$$A^{*2} \leq \int_0^{\tau^*} T dt \cdot \int_0^{\tau^*} \gamma dt.$$

Ponieważ T i γ są z istoty swej nie ujemne, więc powyższe całki z pewnością się nie zmniejszą, jeżeli je rozciągniemy aż do τ zamiast do τ^* . W ten sposób otrzymamy relację:

$$(21') \quad A^{*2} \leq \int_0^\tau T dt \cdot \int_0^\tau \gamma dt,$$

^{*)} Porównaj m. i. Levi-Civita oraz Amaldi, Lezioni di meccanica razionale, tom II, str. 487, (Bologna, Zanichelli, 1926).

która zawiera w sobie poprzednią (21), jako przypadek szczególny.

Wprowadzając średnie wartości naporu i energii kinetycznej obliczone dla badanego okresu czasu:

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \gamma dt, \quad \bar{T} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} T dt,$$

możemy (21') napisać w postaci:

$$(21'') \quad A^{*2} \leq \tau^2 \bar{\gamma} \bar{T}.$$

10. Górny kraniec wysiłku dynamicznego podczas działania sił jakiegokolwiek rodzaju.

Skoro na ustrój S działają oprócz sił sprężystych oraz (stałych) obciążeń ponadto ogólne siły reprezentowane przez Q_h , to wówczas — z uwzględnieniem (18) — równanie energii (6) przybiera postać analogiczną do (16), z tą różnicą, że na miejsce $-\Psi$ wchodzi tu A , a mianowicie:

$$(22) \quad T + \Omega - U = E + A.$$

Zważywszy, że z jednej strony (według ustępu 4.) $-\Omega_s$ stanowi minimum dla $\Omega - U$, tak iż

$$U - \Omega \leq \Omega_s,$$

a z drugiej strony

$$A \leq |A| \leq A^*,$$

otrzymujemy z (22)

$$T \leq E + \Omega_s + A^*$$

ważne dla każdej chwili t okresu $0 \leq t \leq \tau$.

Całkując powyższą relację ze względu na t od 0 do τ i uwzględniając przytem, że zarówno E jak i Ω_s oraz A^* są stałe — dostajemy dalej po podzieleniu przez τ :

$$(23) \quad \bar{T} \leq E + \Omega_s + A^*.$$

Uwzględniając we wzorze (21'') powyższą zależność spełnioną przez \bar{T} , otrzymuje się:

$$(24) \quad A^{*2} \leq \tau^2 \bar{\gamma} \{E + \Omega_s + A^*\},$$

co jest równoznaczne z:

$$\left\{ A^* - \frac{1}{2} \tau^2 \bar{\gamma} \right\}^2 \leq \tau^2 \bar{\gamma} \left\{ E + \Omega_s + \frac{1}{4} \tau^2 \bar{\gamma} \right\},$$

a stąd ostatecznie:

$$(24') \quad A^* \leq \tau W,$$

gdzie dla krótkości położono:

$$(25) \quad W = \frac{1}{2} \tau \bar{\gamma} + \sqrt{\bar{\gamma} \left\{ E + \Omega_s + \frac{1}{4} \tau^2 \bar{\gamma} \right\}}.$$

Jak widać, stała W zależy od 4 argumentów; są to wielokrotnie już użyte: energia początkowa E oraz wysiłek statyczny Ω_s , występujące zresztą wogóle tylko w kombinacji $E + \Omega_s$; pozatem długość badanego okresu czasu τ , a wreszcie średni napór statyczny $\bar{\gamma}$ podczas tego okresu.

Biorąc pod uwagę, że wymiarem energii wogóle, a zatem wymiarem E , Ω_s oraz A^* jest (uży-

wając pospolitego Maxwell'owskiego znakowania): $lt^{-2}m$, wnioskujemy z (24), że $\tau^2 \bar{\gamma}$ ma ten sam wymiar; skutkiem tego wymiarem $\bar{\gamma}$ jest

$$[\bar{\gamma}] = l^2 t^{-4} m,$$

zgodnie zresztą z charakterem naporu.

W szczególnym, praktycznie bardzo ważnym przypadku, gdy siły Q_h są dane jako znane, najczęściej perjodyczne lub zgoła sinusoidalne funkcje czasu, obliczenie $\bar{\gamma}$ da się bezpośrednio wykonać.

Wzór (24') wskazuje nam widocznie, że górny kraniec A^* dla $|A|$ zawiera jako drugi czynnik długość trwania τ badanego zaburzenia, podczas gdy drugi czynnik W także dla $\tau \rightarrow 0$ pozostaje skończony.

Po tem przygotowaniu możemy do równania (22) nawiązać te same rozważania, któreśmy poprzednio stosowali do równania (16).

Wystarczy mianowicie zmienną wielkość A zastąpić górnym krańcem A^* jej bezwzględnych wartości, a sprawa oznaczenia górnego krańca dla Ω w okresie $0 \leq t \leq \tau$ sprowadzi się do zagadnienia rozwiązanego w ustępach 5—7.

Ważną więc i tutaj (od $t=0$ do $t=\tau$) jest równość:

$$\Omega_d = \mu^2 \Omega_s,$$

jeżeli tylko w wyrażeniu (14'') na μ zastąpimy energię E przez $E + \tau W$, biorąc W według (25).

Jeżeli Q_h są wprost wyraźnymi funkcjami czasu, to obliczenie $\bar{\gamma}$, a zatem i W , wymaga samych tylko kwadratur.

W przypadku szczególniejszym, gdy ustrój na początku, przed nastaniem działania Q_h , znajdował się w równowadze pod wpływem samych tylko obciążeń B_h , mamy dla $t=0$: $T=0$, $\Omega = \Omega_s$, $U = U_s = 2\Omega_s$, a więc zgodnie z (6):

$$E + \Omega_s = 0.$$

Wyrażenie na W (25) upraszcza się wówczas znacznie, sprowadzając się do:

$$(25') \quad W = \tau \bar{\gamma}.$$

Odpowiednio do tego znajdujemy z (14'') wartość na μ , wstawiając tam zamiast E wyrażenie $E + \tau W = -\Omega_s + \tau^2 \bar{\gamma}$:

$$(26) \quad \mu = 1 + \tau \sqrt{\frac{\bar{\gamma}}{\Omega_s}}.$$

W najbliższych ustępach przytoczymy parę przykładów. Tymczasem chcielibyśmy dodać jeszcze pewną uwagę natury jakościowej.

Ogólnie znana jest rzeczą, że skoro na ustrój sprężysty, mogący wykonywać drgania swobodne, działają jeszcze ponadto siły perjodyczne, których okres zmienności zgadza się prawie z jednym z okresów drgań swobodnych, to wtedy należy się obawiać niebezpiecznych zjawisk współbrzmienia; inaczej mówiąc, rozmiar drgań, a tem samem wysiłek, stają się bardzo znaczne, gdy stan wymuszonych drgań staje się perjodyczny.

Ostatnio otrzymany wynik wskazuje jednak, że powiększenie wysiłku odbywa się równomiernie

przy dostatecznie krótkim trwaniu (τ) zjawiska, wysiłek nie może tu znacznie przekroczyć tej wartości, jaka mogłaby w najgorszym razie wystąpić bez tych wpływów zaburzających.

11. Niektóre wzory odnoszące się do ugięcia belki podpartej na końcach.

Weźmy pod uwagę belkę prostą na końcach swobodnie podparta; l niech oznacza jej rozpiętość, $B = EI$ jej sztywność, gdzie E jest modułem Younga, a I momentem bezwładności przekroju względem osi obojętnej. Załóżmy, że sztywność B jest stała na całej długości belki.

Obierzmy początek prostokątnego układu (xOy) w lewym końcu belki; oś środków przekrojów belki niech się schodzi z osią Ox , gdzie odcięta x jest parametrem, oznaczającym długość mierzoną od początku O w prawo; oś Oy obierzmy prostopadłe do Ox w dół i załóżmy, że siły P i równomierne obciążenia jednakowe p' działają pionowo (t. j. w kierunku Oy) w płaszczyźnie xOy , w której również — z założenia — ma pozostawać odkształcona oś belki. Równanie tej ostatniej można napisać w postaci:

$$y = \sum_1^n q_h \sin \frac{\pi h x}{l},$$

gdzie q_h są Lagrange'owskimi spólrzędnymi rozważanego ustroju i w tym wypadku liczba ich (n) jest nieskończoną.

Zgodnie z określeniem ustępu 7, siła skupiona P , przyłożona w punkcie o odciętej x , będzie posiadać Langrange'owskie składowe:

$$Q_h = P \frac{\partial y}{\partial q_h} = P \sin \frac{\pi h x}{l}, \quad (h = 1, 2, \dots)$$

Obciążenie jednostkowe równomierne p' od cinka a — b , zawartego całkowicie w przedziale 0 — l będzie mieć, według powyższego, składowe Lagrange'owskie:

$$(27) \quad Q_h = p' \int_a^b dx \sin \frac{\pi h x}{l} = \\ = \frac{p' l}{\pi h} \left[\cos \frac{\pi h a}{l} - \cos \frac{\pi h b}{l} \right].$$

Pomijając, jak zwykle, wpływ zmiany odciętych, jako też wpływ energii obrotu przekrojów, otrzymamy na energię kinetyczną ustroju belki wyrażenie:

$$(28) \quad T = \frac{p_0}{2g} \int_0^l \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 dx = \frac{p_0 l}{4g} \sum_1^\infty \dot{q}_h^2,$$

gdzie g jest przyspieszeniem siły ciężkości, a p_0 jednostajnym ciężarem własnym belki na jednostkę długości.

Na Ω otrzymujemy przy zwykłych założeniach inżynierji z pominięciem siły poprzecznej wartość*):

$$(29) \quad \Omega = \frac{1}{2} B \int_0^l \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx = B \frac{\pi^4}{4l^3} \sum_1^\infty h^4 q_h^2.$$

Równania ruchu swobodnego ustroju

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_h} - \frac{\partial (T - \Omega)}{\partial q_h} = 0, \quad (h = 1, 2, \dots)$$

przybierają w tym wypadku postać:

$$\ddot{q}_h + h^4 \omega^2 q_h = 0, \quad h = 1, 2, \dots,$$

gdzie

$$(30) \quad \omega^2 = B \frac{\pi^4 g}{p_0 l^4}.$$

Mamy tu do czynienia z drganiami o okresach $\frac{2\pi}{h^2 \omega}$. Zasadniczy okres T_1 drgań swobodnych odpowiada wartości: $h = 1$ i podług (30) wyrazi się wzorem:

$$(30') \quad T_1^2 = \frac{4 p_0 l^4}{\pi^2 g B}.$$

Dla jednostajnego obciążenia p_0 całej długości belki mamy, jak wiadomo:

$$(31) \quad \Omega_s = \frac{1}{240} \frac{p_0^2 l^5}{B},$$

albo, wprowadzając znane wyrażenia na strzałkę ugięcia

$$f = \frac{1}{24} \cdot \frac{5}{16} \cdot \frac{p_0 l^4}{B}$$

i oznaczając dla krótkości całkowity ciężar belki $p_0 l$ przez G otrzymamy (31) w postaci:

$$(31'') \quad \Omega_s = \frac{16}{50} G f.$$

Pożytecznym jeszcze będzie wprowadzić w (31) podstawowy okres drgań swobodnych według (30'); wówczas (31) przybierze postać:

$$(31') \quad \Omega_s = \frac{1}{240} \cdot \frac{1}{4} G \pi^2 g T_1^2.$$

Dla siły skupionej P , przyłożonej w punkcie o odciętej ξ , mamy znany wzór

$$(32) \quad \Omega_s = \frac{1}{6} \frac{P^2}{lB} \xi^2 (l - \xi)^2,$$

który przechodzi w

$$(32') \quad \Omega_s = \frac{1}{2} P \eta,$$

gdzie η oznacza strzałkę ugięcia w miejscu działania tej siły*).

12. Pociąg na moście kolejowym.

Skoro pociąg kolejowy, o ciężarze (średnim) na jednostkę długości wynoszącym p' , przejeżdża przez most, to ustrój mostu podlega dodatkowemu wysiłkowi, odpowiednio do dodatkowego obciążenia p' na jednostkę długości, działającego na zmiennym odcinku a — b w obrębie przedziału 0 — l . Przyjmijmy, że pociąg jedzie z jednakową prędko-

*) Porównaj także: Lord Rayleigh, The theory of sound, tom I str. 257. 2 wydanie, Londyn, Mac Millan, 1894.

*) Odnosnie do wzorów w tym ustępie przytoczonych porówn. m. i. A. E. H. Love, The mathematical theory of elasticity, str. 371 — 372 (4 wydanie, Cambridge University Press, 1927).

ścią v w kierunku osi x i że czas t zaczynamy liczyć od chwili, w której pociąg zaczyna wjeżdżać na most. W pierwszym okresie będziemy mieli do czynienia z obciążeniem odcinka $0 \dashv \dashv b$, gdzie $b = vt$, tak długo, dopóki vt nie przekracza wielkości mniejszego z pośród odcinków l i l_1 , przy czym l oznacza długość mostu, a l_1 długość pociągu. Potem nastąpi okres drugi; jeżeli $l_1 < l$, to będziemy mieć obciążenie zmieniającego położenie odcinka $a \dashv \dashv b$, gdzie a i b uważamy za ciągłe funkcje czasu zawarte w przedziale $0 \dashv \dashv l$; jeżeli natomiast $l < l_1$, to nastąpi tu obciążenie całego odcinka $0 \dashv \dashv l$, i t. d. W każdym razie warunki obciążenia odpowiadają tu ogólnemu schematowi (27).

Z (19) otrzymujemy na podstawie (28):

$$Q^h = \frac{2g}{p_0 l} Q_h,$$

a uwzględniając to mamy dalej z (20):

$$(33) \quad \gamma = \frac{2g}{p_0 l} \sum_1^{\infty} Q_h^2.$$

Biorąc teraz wartości (27), należy zauważyć, że w każdym z szeregów:

$$s_a = \sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2} \cos^2 \frac{\pi h a}{l},$$

$$s_b = \sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2} \cos^2 \frac{\pi h b}{l},$$

$$s' = \sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2} \cos \frac{\pi h a}{l} \cos \frac{\pi h b}{l},$$

ogólny wyraz jest co do wartości bezwzględnej $\leq \frac{1}{h^2}$. Ponieważ $\sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2}$ jest zbieżna i ma wartość $= \frac{\pi^2}{6}$, więc powyższe szeregi są jednostajnie zbieżne przy wszelkich a i b , a ich sumy są $\leq \frac{\pi^2}{6}$.

Wielkość widocznie nie ujemna:

$$s_a + s_b - 2s'$$

jest więc $\leq \frac{4}{6} \pi^2 = \frac{2}{3} \pi^2$ tak, że można położyć:

$$s_a + s_b - 2s' = \frac{2}{3} \pi^2 k(t),$$

przyczem $k(t)$ jest funkcją ciągłą t , której wartość (dodatnia) jest napewno nie większa od jedności. Na tej podstawie (27) łącznie z (33) dają nam

$$\gamma = \frac{4}{3} g \frac{p'^2}{p_0} l k(t).$$

Biorąc wartości średnie w przedziale $0 \dashv \dashv \tau$, otrzymujemy wreszcie:

$$\bar{\gamma} = \frac{4}{3} g \frac{p'^2}{p_0} l \bar{k},$$

gdzie \bar{k} , podobnie jak $k(t)$, nie przewyższa jedności.

Ponieważ most przed wjazdem pociągu znajdował się w spoczynku i tylko pod wpływem ciężaru własnego, więc odpowiednio w tym wypadku wyrażenie na μ ma postać:

$$(26) \quad \mu = 1 + \tau \sqrt{\frac{\bar{\gamma}}{\Omega_s}}.$$

Na odpowiednie Ω_s mamy wzór (31'); biorąc zaś $\bar{\gamma}$ według (34) dostajemy

$$\frac{\bar{\gamma}}{\Omega_s} = \bar{k} \frac{240 \cdot 4^2}{3 \pi^2} \left(\frac{p'}{p_0}\right)^2 \frac{1}{T_1^2}.$$

Zbierając w jedno wszystkie liczbowe spólczyniki w powyższym wyrażeniu i przyjmując — na korzyść bezpieczeństwa — za \bar{k} największą możliwą wartość 1, mamy ostatecznie:

$$(26') \quad \mu = 1 + 11,38 \frac{p'}{p_0} \frac{\tau}{T_1}.$$

Górny kraniec wysiłku dynamicznego obliczony na powyższej (26') podstawie jest w ramach obranego tu schematu absolutnie bezpieczny, jednak nie dość może korzystny w tych poszczególnych praktycznych wypadkach, w których pospolite kryteria pozwalają naprawdę ustalić wiarogodnie mniejszą niż (26') wartość na μ). Podczas jednak gdy te pospolite kryteria każą spodziewać się groźnego wzrostu wysiłku, jeżeli, przy zwiększeniu prędkości pociągu, τ zbliża się do wartości okresu T_1 swobodnych drgań własnych mostu, — to nasz wzór (26') wskazuje, że ta obawa jest nieuzasadniona i prowadzi do wniosku przeciwnego, a mianowicie: zwiększenie szybkości przejazdu (małe τ) działa na korzyść bezpieczeństwa mostu.

Wkońcu wypada jeszcze rozpatrzyć wpływ małych nierówności toru. Niech δ oznacza największy skok niwelety, pochodzący np. od przerwy w szynach lub t. p. Ciężar skupiony P nabiera w tem miejscu energii $P\delta$. Naturalnie, z reguły nie cała ta energia udzieli się mostowi; ponieważ nam tu chodzi o oszacowanie krańcowe, przyjmijmy przeciwnie na korzyść bezpieczeństwa, że całe $P\delta$ przeniesie się na most.

Rozpatrując ten wpływ osobno od poprzednich, mamy jako warunki początkowe

$$T = P\delta, \quad \Omega = \Omega_s, \quad U = U_s,$$

t. j. zakładamy, że most w chwili otrzymania energii $P\delta$ znajdował się w spoczynku pod ciężarem własnym. Wstawiając te wartości w równanie (6)

$$E = T + \Omega - U$$

i uwzględniając (4), że $2\Omega_s = U_s$, otrzymujemy

$$E = -\Omega_s + P\delta,$$

a zatem, przy powyższym założeniu, z (14''):

$$\mu = 1 + \sqrt{\frac{P\delta}{\Omega_s}}.$$

*) Doskonałe przykłady po temu znajdują się w interesującym artykule: S. Timoshenko, Vibrations of bridges, American Society of Mechanical Engineers (Annual meeting New York, 1927).

Podstawiając tu za Ω_s odpowiednią wartość (31'') i zaokrąglając przytem $\frac{16}{50}$ na $\frac{16}{49}$, dostajemy nakoniec

$$\mu = 1 + \frac{7}{4} \sqrt{\frac{P\delta}{Gf}}$$

gdzie G oznacza całkowity ciężar własny mostu, f ugięcie mostu pod ciężarem własnym, P ruchomy ciężar skupiony, a δ skok tego ostatniego. Formuła na końcu otrzymana zastępuje z korzyścią analogiczny wzór szacunkowy, używany pospolicie w technice, a oparty na niepewnych podstawach *).

Kształcenie inżynierów sanitarnych.

Napisał Inż. Mag. Z. Rudolf (Warszawa).

W sprawie kształcenia inżynierów sanitarnych w Polsce pisałem już niejednokrotnie. Pierwszy raz poruszyłem ją w piśmie lekarskim, w artykule, zatytułowanym „Zagadnienia inżynierji sanitarnej” (Lekarz Polski Nr. 3, 4, 5, 7, 8 i 10 1926 roku). Poglądy, które wtedy wyraziłem, uważam i dziś za zupełnie realne i aktualne, w szczególności zaś co do nagłej potrzeby kształcenia w Polsce inżynierów sanitarnych oraz co do istotnej roli inżyniera sanitarnego w dziedzinie higieny.

Ponieważ słyszy się jeszcze u nas głosy, że inżynier sanitarny nie jest higienistą i że kształcenie inżynierów sanitarnych jest wogóle niepotrzebne, muszę przecież wrócić do tegoż tematu.

Kształcenie inżynierów sanitarnych jest najbardziej podstawowem zagadnieniem dla rozwoju techniki sanitarnej w Polsce; propagujemy je stale, idąc śladem państw cywilizowanych, stojących w świecie na czele higieny. Ameryce poświęcę specjalną uwagę, gdyż kilkoletni pobyt w tym kraju dał mi bezpośrednie doświadczenie, którem się jak-najszerzej dzielić pragnę; wspomnę jednak w pierw o Niemczech, jako naszym najbliższym sąsiedzie. Z okazji pięćdziesięciolecia poważnego niemieckiego czasopisma „Gesundheits-Ingenieur”, które przypadło w grudniu 1927 roku, powstała nader interesująca dyskusja na temat: co dotychczas zdziałano w technice sanitarnej w Niemczech i jakie w tej dziedzinie powstają potrzeby. Dowiadujemy się z niej, że Niemcy nie posiadają wydziału inżynierji sanitarnej na żadnej z wyższych uczelni technicznych i że prowadzą tylko oddzielne wykłady w tym dziale na wydziałach architektonicznym, budowlanym i budowy maszyn. Jest to, oczywiście, poło-wiczne załatwienie kwestji. Słusznie więc prof. dr. inż. Heilmann z Halle, wyraźnie wskazując na konieczność pełnego wykształcenia inżynierów sanitarnych, zadaje sobie następujące pytania: na czem powinno polegać to wykształcenie i kto właściwie jest inżynierem sanitarnym? Odpowiedź formułuje w ten sposób: Inżynierem sanitarnym jest ten, kto posiada umiejętność technicznego rozwiązania zagadnienia higieny mieszkaniowej, miejskiej i przemysłowej. Nie jest inżynierem sanitarnym ten, którego zajęcie sprowadza się tylko do zakładania instalacji ogrzewania i wentylacji lub wodociągów i kanalizacji i t. p. Chociaż wymienni pracują w różnych działach, należących do jednej obszernej dziedziny techniki sanitarnej, są to jednak inżynierowie budowlani, architekci i mechanicy, przygotowani do innych prac, i w pracy techniczno-sanitarnej brak im podstaw higienicznych, chemicznych i

biologicznych. W stosunku do tej pracy posiadają albo niepotrzebny i nieprodukcyjny balast, albo poważne braki, z punktu zaś widzenia gospodarki narodowej jest to błąd zasadniczy.

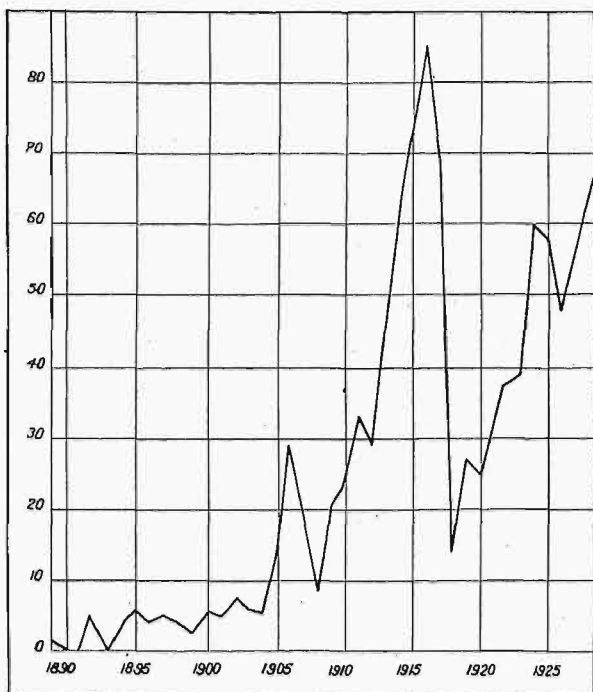
Powstało także pytanie, czy kształcenie inżynierów sanitarnych opłaca się ekonomicznie; przedstawiciele niemieckiego świata technicznego, uważając, iż przyniesie ono ogromne korzyści nie tylko zdrowotne, ale i ekonomiczne, wyrażają opinię, że narazie należałoby utworzyć specjalny wydział inżynierji sanitarnej na jednej z politechnik, w pierwszym rzędzie na politechnice w Dreźnie, gdzie istnieje już katedra higieny. Ponadto panuje przekonanie, że niejedynym będzie się ubiegał o dyplom inżyniera sanitarnego: i ten, co pracuje na polu techniki sanitarnej, czy to będzie urzędnik administracyjny, instalator, czy też wytwórca lub sprzedawca urządzeń sanitarnych, i ten, co do tego zawodu sposobie się pragnie. Inspektorowie pracy znajdują w tem wykszoleniu najlepsze podstawy do pracy w swym zakresie.

Mogę z zadowoleniem podkreślić, że inicjatywa utworzenia wydziału inżynierji sanitarnej zjawiała się w Polsce wcześniej, niż w Niemczech, przytoczone zaś opinie niemieckie mogą nas tylko umocnić w przekonaniu, że wydział taki winien być jak-najprędzej otwarty w politechnice warszawskiej, gdyż wśród państw europejskich Polska jest jednym z najwięcej potrzebujących pracy inżyniera sanitarnego.

W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej wykłady z inżynierji sanitarnej odbywają się w 19 uniwersytetach (stan z końcem roku 1928). Z tych trzy zakłady zaprzestały nauczania w tym dziale z różnych względów, z 16 zaś pozostałych zakładów — 6 prowadzi normalne wykłady inżynierji sanitarnej na specjalnych wydziałach, a reszta (10) prowadzi wykłady z inżynierji sanitarnej na wydziałach inżynierji cywilnej.

Ciekawem zjawiskiem, a przede wszystkim sprzyjającym rozwojowi techniki sanitarnej, jest to, że wymienione zakłady są rozmieszczone po całym kraju. W rozpiętości czasu, poświęconego poszczególnym grupom przedmiotów w różnych uniwersytetach, są duże wahania. Naprzykład, na specjalnych studjach inżynierji sanitarnej, czas, poświęcony przedmiotom ogólnokształcącym, waha się od 6,3 do 20,5%, przedmiotom teoretycznym — od 33 do 58,3%, przedmiotom techniczno-sanitarnym — od 4,9 do 20,5%, higienie publicznej — od 0 do 4%,

*) Porówn. G. Guidi. Lezioni sulla scienza delle costruzioni. część II, wydanie 11-te Turyn, Bona, 1926, Rozdz. V. Ust. 168 — 171.



Wykres. 2. Liczba kończących studia inżynierji sanitarniej w Stanach Zjednoczonych w latach 1890-1928.

ca się przygotowaniu ludzi do poszczególnych działów, które znajdują się w granicach programu wydziału. Chociaż ten sposób ulega surowej krytyce z punktu widzenia teoretycznego, zjednał on sobie prawo obywatelstwa w Stanach Zjednoczonych, jako system dokształcający w pewnych działach w specjalnych szkołach, które mają po temu środki. Stwierdzono, że studenci chodzą przeważnie do tych szkół, które są położone bliżej miejsca ich zamieszkania. Zasadniczo każda instytucja naukowa cieszy się wielkim autorytetem w tej strefie, gdzie się znajduje i gdzie rozciąga swoje wpływy. Dopóki istnieją takie stosunki, jest wskazane, aby wychowawcy tych szkół szli potem do innych szkół wyższych, gdzie mogą się specjalizować w pewnej gałęzi. Jest to właściwie francuski system intensywnej specjalizacji dla ukończonych inżynierów. Amerykańska Federalna Służba Zdrowia zauważa, że byłoby wskazane, aby 6 do 10 zakładów naukowych rozwinęło takie ośrodki kształcenia w zakresie inżynierji sanitarniej, gdzieby przebywali na specjalnych studiach w ciągu 1 lub 2-letniej, co już ukończyli inżynierję cywilną.

Z tego krótkiego przeglądu stosunków amerykańskich w szkolnictwie techniczno-sanitarnem, jak również z bliższego rozpatrzenia programów, szkolnictwa sanitarnego St. Zjedn., czasu studiów, nadawanych tytułów i t. p. cech omawianych wydziałów wynika, że: 1) w Stanach Zjednoczonych jest 16 szkół wyższych, które mają normalne albo warunkowe wykłady w dziedzinie techniki sanitarniej; 2) między uniwersytetami jest duża rozbieżność opinii co do tego, jaki sposób kształcenia inżynierów sanitarnych jest najbardziej racjonalny; 3) studia inżynierji sanitarniej w rzeczywistości polegają na studiach inżynierji cywilnej z dodatkiem pewnych przedmiotów o charakterze higienicznym i ściśle techniczno-sanitarnym; 4) liczba koń-

czących inżynierję sanitarną wzrasta z każdym rokiem; 5) w 4-ch na 16 zakładów naukowych czas studiów inżynierji sanitarniej trwa od 5—6 lat; 6) jest jeszcze dużo rozbieżności pomiędzy stopniami, nadawanymi przez instytucje naukowe prawie za tę samą pracę, a także pomiędzy nazwami, pod którymi studia takie są znane; 7) zwrócenie uwagi w wielu uczelniach na technikę sanitarną spowodowało powołanie do życia nowego typu profesora, profesora inżynierji sanitarniej.

Temi sprawami winny zainteresować się nasze sfery naukowe oraz higienisci-praktycy, by przyszli inżynierowie sanitarni byli dostatecznie przygotowani do rozwiązywania zagadnień, które na nich w Polsce czekają.

W wyniku odczytu i dyskusji przeprowadzonej przez autora w Warszawskim Tow. Politechnicznym w r. 1926 oraz pracy na terenie Warszawskiego Towarzystwa Higienicznego, gdzie w grudniu zaproszonych profesorów politechniki i uniwersytetu opracowaliśmy pierwszy program studiów inżynierji sanitarniej, obudziło się i u nas zainteresowanie kół technicznych i naukowych sprawą szkolnictwa sanitarnego o poziomie akademickim. Dalsze starania nasze przekonały wielu, a znalazły największe poparcie u b. Ministra Spraw Wewnętrznych gen. dra Sławoj-Składkowskiego, który wystąpił w roku 1927 do Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego z projektem powołania na politechnice warszawskiej wydziału inżynierji sanitarniej. W myśl uchwały Senatu akademickiego politechniki warszawskiej, sprawa kształcenia inżynierów sanitarnych została przekazana radzie wydziału inżynierji lądowej, która w końcu roku 1928 postanowiła, w celu kształcenia młodych ludzi w kierunku sanitarnym, utworzyć na 4-tym roku studiów swego wydziału sekcję sanitarną, równoległą do istniejących już sekcji komunikacyjnej i miejskiej. Idziemy więc prawie po tej samej drodze, po której idą Stany Zjednoczone, a więc będziemy kształcić inżynierów sanitarnych na wydziale inżynierji lądowej, który najwięcej odpowiada wydziałowi inżynierji cywilnej w amerykańskich szkołach inżynierskich.

Czy jest to droga najwłaściwsza w naszych warunkach, — może jeszcze być tematem dyskusji. Mając bliski kontakt z gospodarką mięs i z administracją sanitarną, jestem zdania, że lepiej byłoby stworzyć połączoną sekcję miejską i sanitarną, bowiem działy te są ze sobą w praktyce prawie zupełnie zespolone, a inżynier, który ukończy studia inżynierji miejskiej i sanitarniej, będzie miał w Polsce, gdzie tworzenie stanowisk techniczno-sanitarnych jest traktowane często jako rzecz luksusowa, większą możność znalezienia odpowiedniej pracy. Przemawiają więc za tem tylko względy praktyczne, ale z tego nie wynika, by strona sanitarna miała być traktowana jako podrzędna. Uważam, że potrzeba utworzyć wydział inżynierji miejskiej i sanitarniej, wprowadzając na nim także wykłady higieny publicznej, bowiem zrozumienia tego przedmiotu wymaga skoordynowana współpraca inżyniera sanitarnego z lekarzem-higienistą.

Uważam bowiem inżyniera sanitarnego rów-

niez za higienistę, który ma swoją określoną rolę w tak szerokiej dziedzinie, jaką jest higiena publiczna.

Nie mogę więc zgodzić się ze zdaniem, że inżynierowie, zajmujący się u nas oddawną budową i eksploatacją wodociągów oraz kanalizacji, albo też wentylacją i ogrzewaniem, lub wreszcie budową komór dezynfekcyjnych, są inżynierami sanitarnymi. Są oni niewątpliwie specjalistami w swoim dziale, ale nie są inżynierami sanitarnymi, bo inżynierem sanitarnym powinno się nazywać tego, kto ukończył odpowiednie studia, tak samo jak inżynierem elektrotechnikiem jest ten, kto ukończył wydział elektrotechniczny.

W Stanach Zjednoczonych stwierdzono, że inżynierowie sanitarni zajmują następujące stanowiska: 1) burmistrzów miast, 2) inżynierów miejskich, 3) inżynierów drogowych, 4) urzędników zdrowia publicznego, 5) kierowników wodociągów i kanalizacji, 6) kierowników zakładów oczyszczania ścieków w przemyśle, 7) inżynierów w Federalnej Służbie Zdrowia, 8) inżynierów w stanowych, okręgowych i miejskich wydziałach inżynierii sanitarnej, 9) inżynierów projektujących, nad-

zorujących i doradców w wielu zagadnieniach hydrotechnicznych, miejskich i sanitarnych.

Widzimy więc, że inżynier, który zna się tylko na wodociągach, nie mógłby zajmować takich stanowisk, co wyraźnie wskazuje na potrzebę specjalnego kształcenia w dziedzinie inżynierii miejskiej i sanitarnej. Niewątpliwie, niejedyn inżynier może przez swą działalność w życiu stać się inżynierem sanitarnym, przez ciągłe dokształcanie się, ale przecież to nie jest normalna droga, która z punktu widzenia korzyści państwowych musi nam przyswiecać. Chcąc zaradzić chwilowemu brakowi inżynierów sanitarnych, zainicjowałem w 1926 roku dokształcanie sanitarne inżynierów i odtąd prowadzę corocznie przy poparciu Ministerstwa Spraw Wewnętrznych odpowiednie kursy w Państwowej Szkole Higieny. Przekonałem się, że kursy takie wywołują wielkie zainteresowanie zadaniami techniczno-sanitarnymi.

Chociaż przywiązuję do tych kursów wielką wagę, jednak uważam, że krótkie dokształcanie nie zastąpi normalnego kształcenia ludzi młodych, którzy inżynierję miejską i sanitarną obiorą sobie za zawód.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

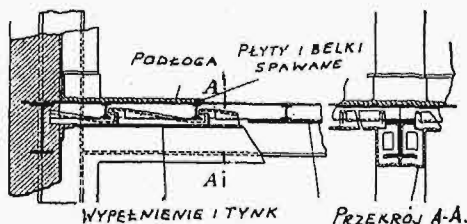
BUDOWNICTWO.

Nowy rodzaj stropów stalowych.

Stropy na belkach żelaznych, przesklepiane sklepieniami łukowymi i Kleina, bądź też wykonywane w postaci płyt betonowych lub pustakowych, mają tę dużą wadę, że ciężar ich stanowi bardzo znaczną, bo dochodzącą do 2/3, część obciążenia całkowitego stropów.

Wielki rozwój techniki spawania umożliwia obecnie wykonanie lekkich stropów tego rodzaju, że na głównych dźwigarach umocowuje się małe dwuteowniki o wysokości 8—12 cm, na tych zaś ostatnich — blachę stalową grubości 5—6 mm.

Wszystkie połączenia, jak również miejsca oparcia blachy na dwuteownikach, spawa się, dzięki czemu konstrukcja, jako ciągła, ma większą wytrzymałość i sztywność, wobec czego ugięcia jej są nieznaczne. Tego rodzaju konstrukcja, przy użyciu 5 mm blachy i dwuteowników Nr. 8, waży zaledwie 50 kg/m², posiadając nośność 900



Rys. 1. Przekrój spawanego stropu stalowego.

kg/m² przy rozpiętości do 3 m i 400 kg/m² przy rozpiętości do 4,5 m. Konstrukcja z blachy 6 mm i dwuteowników Nr. 12 waży 70 kg/m²; nośność jej wynosi 1150 kg/m² do 4,5 m i 650 kg/m² do 6 m.

Zabezpieczenie od ognia można wykonać z pustaków lub z tynku na siatce.

Konstrukcje takie mają szczególne znaczenie w mo-

stach, gdzie prócz swego zwykłego zastosowania zastępują doskonale usztywnienia wiatrowe. (Eng. News-Rec. 1929, str. 326—327).

ELEKTROTECHNIKA.

Prądnice o mocy 77500 kVA.

General Electric Co otrzymało zamówienie od rządu sowieckiego na budowę 4-ch prądnic o mocy po 77 500 kW do okręgowej elektrowni wodnej na Dnieprze, znajdującej się od paru lat w budowie w okolicy Dniepropietrowska. Prądnice te mają mieć wysokość 12,4 m, nad poziomem podłogi 5,4 m, i ważyć do 800 tonn (!). Ciężar samego wirnika i wału wynosić ma ok. 440 tonn, przy średnicy 12,8 m.

Dla możliwości przewiezienia prądnic na okręcie, wykonywa się je z 6-ciu gotowych części każdą. Najcięższą częścią ustroju jest wał, o średnicy 1016 mm i długości 11 m, z kołnierzem 1780 mm średn. do sprężgnięcia z turbiną; jego waga stanowi 61 tonn.

Do napędu prądnic służą turbiny wodne o mocy po 80 000 KM, wykonywane przez zakłady Newport News Shipbuilding & Dry Dock Co. Cała instalacja ma rozwijać moc 800 000 KM. (Power, 4 lutego 1930, str. 195).

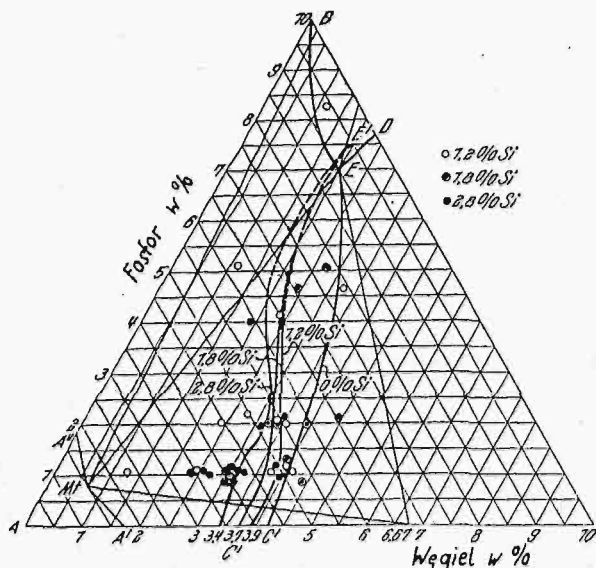
METALOZNAWSTWO.

Wpływ krzemu na układ żelazo-węgiel-fosfor.

Na podstawie układu Fe—C wiemy, że dla praktyki ma znaczenie surowiec o zawartości węgla do zakresu eutektycznego (t. zn. do zawartości około 4,3%C), gdyż przy wyższej zawartości węgla w surowcu szarym wydziela się grafit pierwotny. Ogólnie więcej rozpowszechnione jest zdanie Bardenheura¹⁾, że grafit wydziela się w surowcu surowcu bezpośrednio z płynnej fazy, podczas gdy

¹⁾ Giesserei, 1928, str. 354/65, 385/97 i 411/20.

Klingenstein²⁾ twierdzi, że tworzy się najpierw ledeburyt, którego cementyt następnie rozpada się w zależności od zawartości krzemu.



Rys. 1. Zmiana położenia linii C E w układzie Fe—C—P przy różnych zawartościach krzemu.

Badania, przeprowadzone nad wytopami o składzie podeutektycznym przy zawartości krzemu od 1,2 do 6%, wykazały obecność drobno wykrystalizowanego grafitu w postaci kłaczków, natomiast surowiec w składzie nadeutektycznym zawierał grafit w postaci igieł.

Różnica w powstawaniu grafitu zależy od rodzaju krzepnięcia. Gdy grafit wydziela się z płynnej fazy, jako pierwotny lub eutektyczny, to występuje w postaci igieł, natomiast przy krzepnięciu niestałym zachodzi wtórny rozpad i grafit występuje w postaci kłaczków, przyczem w pierwszym wypadku surowiec ma mniejszą skłonność do tworzenia wydzielań ferrytu, niż w drugim. Obecność w surowcach szarych podeutektycznych domieszek stopowych (np. Mn, Cr i t. p.), sprzyjających krzepnięciu niestałemu, będzie powodować nawet przy powolnym stygnięciu wydzielenie grafitu w postaci kłaczków, o ile zawartość krzemu, względnie innego składnika działającego podobnie (nikiel, glin i t. p.), jest dostateczną, aby przeciwdziałać wpływom poprzednio wymienionych pierwiastków. Ponieważ fosfor działa analogicznie jak pierwiastki pierwsze, więc dla sprawdzenia powyższego przeprowadzono próby ze stopami Fe—C—Si—P.

W tym celu otrzymano surowce o zawartości 1,2, 1,8 i 2,8% krzemu, przy różnej zawartości węgla i fosforu; zawartość manganu wahała się w granicach od 0,1 do 0,3%, tak że wpływ jego można pominąć. Do wytrawiania steadytu (tak nazywa się potrójna eutektyka w układzie Fe—C—P) użyto jako odczynnika neutralnego pikrynianu sodowego, który barwi fosforek żelaza na brązowo, natomiast cementyt pozostawia białym. Na podstawie badań ustalono w stopach Fe—C—Si—P dwie postaci potrójnej, względnie poczwórnej eutektyki.

Postać grafitu w tych stopach zależała od składu stopów Fe—C—Si, z tą tylko różnicą, że z powodu obecności fosforu w stopach słabo podeutektycznych występuje grafit pod postacią drobnych kłaczków.

²⁾ Giesserei, 1927, str. 332/4.

W stopach podeutektycznych, w miarę zbliżania się do zawartości węgla około 4,2%, obserwuje się najpierw zmniejszenie, a później wzrost ilości pierwotnych kryształów mieszanych. Ta sprzeczność jest pozorna i objaśnia się przyrosem ilości eutektyki podwójnej układu potrójnego, podczas gdy istotna ilość pierwotnych kryształów mieszanych zmniejsza się, gdyż przy wzrastających zawartościach krzemu zakres krzepnięcia zęża się i wydzielane kryształy pierwotne upodabniają się kryształom eutektyki podwójnej układu potrójnego. To zjawisko występuje wyraźniej przy dużych zawartościach krzemu. Nadeutektyczne stopy przy szybkim studzeniu krzepną jako metastałe, a następnie Fe_3C rozkłada się i podwójna eutektyka układu potrójnego zdaje się posiadać budowę stopów podeutektycznych. Przy normalnej szybkości studzenia badanych stopów, występuje grafit w postaci grubych igieł. Z powyższego wynika, że dla praktyki mają znaczenie tylko surowce o budowie podeutektycznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań, stwierdzono również, że krzem wpływa na przesunięcie linii podwójnych eutektyk w układzie potrójnym, co jest uwidocznione na załączonym wykresie (rys. 1). (O. v. Keil i R. Mitsche. Arch. f. Eisenhüttenwesen 1929, zes. 2, str. 139/156).
Inż. M. Dubowicki.

TECHNIKA CIEPLNA.

Spalanie podwodne.

Jak wiadomo, możliwe jest spalanie ropy, gazu lub rozdrobnionego paliwa stałego pod wodą lub inną cieczą. Spalanie to może się jednak odbywać tylko wówczas, jeżeli szybkość spalania jest bardzo duża, gdyż inaczej woda zgasi natychmiast płomień. Wymaga to nadzwyczaj dokładnego zmieszania paliwa z powietrzem. Poza tym używa się też rozżarzonej powierzchni w strefie spalania, działającej jako katalizator i przyspieszającej reakcję spalania.

Już w r. 1913 wyzyskał Brünler spalanie podwodne do wytwarzania pary. Ostatnio, jak donosi „Iron and Coal Trades Review (14 lutego r. b.)”, zastosował w Ameryce Hammond ten rodzaj spalania do podgrzewania wody przy użyciu gazu koksownianego. W urządzeniu tem wchodzi gaz i powietrze w proporcji teoretycznie niezbędnej do spalania odpowiednimi rurociągami do specjalnej komory do mieszania, gdzie zachodzi dokładne mieszanie, poczem mieszanka przechodzi do komory spalinowej o kształcie rury, zakończonej dyszą. Szybkość spalania gazu koksowego o średnim składzie wynosi ok. 1 m/sek. Kanał, łączący komorę do mieszania z komorą spalinową, jest tak obliczony, by nawet przy najmniejszym przepływie mieszanki (min. natężenia palnika) jej szybkość była większa niż 1 m/sek. Z zewnątrz kanał ten jest ochładzany powietrzem. Komora spalinowa wyłożona jest alundum. Natężenie spalania wynosi 178 milionów Kal/m²h.

Palnik wbudowany jest do ciągu tłoczącego wodę do zbiornika, umieszczonego wysoko, gdzie gorąca woda jest pozbawiana pary i spalin zapomocą swoistego urządzenia. Następnie płynie woda do grzejników, a po przejściu przez nie i podgrzaniu parą ze zbiornika górnego trafia do zbiornika dolnego, skąd tłoczona jest znów tą samą drogą do góry. Przy teoretycznej ilości powietrza do spalania, mają spaliny nie zawierać wcale tlenu i tylko niewiele tlenku węgla.