

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

- Uwagi o obecnych typach turbin parowych, nap. Dr. Inż. W. Chrzanowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- O budowie turbin parowych w Polsce, nap. Dr. Inż. W. Borowicz, Profesor Politechniki Lwowskiej.
- Nowsze konstrukcje turbin parowych, nap. Inż. Z. Ficki.
- Wyrób turbin parowych, nap. Inż. E. T. Geisler, Profesor Politechniki Lwowskiej.
- Zapotrzebowanie na turbiny parowe na polskim rynku elektrotechnicznym, nap. Inż. W. Rosental.
- O możliwości wytwarzania turbin parowych w Polsce, nap. Inż. Prof. Z. Sochacki.
- Możliwości budowy w Polsce turbin parowych, nap. Inż. Z. Okoniewski.
- Konferencja turbinowa Stow. Inżynierów Mechaników Polskich.
- Przegląd pism technicznych.
- Bibliografia.

SOMMAIRE:

- Sur les progrès réalisés dans la construction des turbines à vapeur, par M. W. Chrzanowski, Dr. Ing., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.
- Développement de la construction des turbines à vapeur et leurs types correspondant aux besoins de l'industrie polonaise, par M. W. Borowicz, Dr. Ing., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Léopol.
- Les nouveaux types des turbines à vapeur, par M. Z. Ficki, Ingénieur.
- Procédés de la fabrication des turbines à vapeur, par M. E. T. Geisler, Ing., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Léopol.
- La demande des turbines à vapeur sur le marché polonais, par M. W. Rosental, Ingénieur.
- Sur la possibilité de la production des turbines à vapeur en Pologne au point de vue technique et commercial, par M. Z. Sochacki, Professeur.
- Conditions de la production des turbines à vapeur en Pologne, par M. Z. Okoniewski, Ing.
- Conférence de la Société des Ingénieurs Mécaniciens Polonais au sujet de la production des turbines à vapeur en Pologne.
- Revue documentaire.
- Bibliographie.

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich zorganizowało niedawno (jak już donosiliśmy poprzednio) Konferencję fachowców, mającą na celu rozważenie potrzeby i możliwości rozpoczęcia budowy turbin parowych w Polsce. Chcąc udostępnić szerszemu ogółowi interesujące materiały zebrane przez Konferencję, zarówno w postaci referatów jak i przemówień w dyskusji, oraz utrwalić w ten sposób pożyteczną inicjatywę podjętą przez nowe stowarzyszenie techniczne, wydajemy w zeszycie niniejszym plony odbytego zebrania, uzupełnione jeszcze dodatkowo opracowanymi artykułami z zakresu konstrukcji nowoczesnych turbin.

REDAKCJA.

Uwagi o obecnych typach turbin parowych.

Napisał Dr. Inż. W. Chrzanowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.

W Polsce nie buduje się dotychczas turbin parowych, pomimo że zapotrzebowanie ich u nas wciąż wzrasta, gdyż są one najodpowiedniejszym silnikiem cieplnym do wytwarzania wielkiej mocy. Niezależnie od tego, że w dziedzinie turbin parowych jesteśmy tylko odbiorcami towaru obcego, musimy starannie śledzić postępy w budowie tych silników, aby przy zamawianiu ich nie popełnić omyłek, które później mogą spowodować nietylko duże koszty, lecz także i wielkie niedogodności w ruchu przedsiębiorstwa. Nie można dopuścić do tego, aby wytwórnia zagraniczna dostarczyła nam lichej towar eksportowy, a nawet silnik nieodpowiadający warunkom, w których ma pracować. Ostatni wypadek może zająć łatwo, ponieważ wytwórnie zagraniczne często nie mają możliwości dostatecznego zbadania warunków pracy zamawianego silnika, a przedstawicielstwa ich często nie posiadają inżynierów, należycie obeznanych z budową turbin parowych.

Rynek zbytu turbin parowych jest prawie całkowicie opanowany przez turbiny osiowe o układzie poziomym, t. j. silniki, w których para przepływa przez wieńce łopatkowe wirników równoległe do poziomo ułożonego wału turbiny. Takı stan można tłómaczyć sobie następującymi przyczynami: turbiny osiowe powinny według ludzkich przy-

puszczeń pracować więcej niezawodnie od promieniowych, budowę ich można z większą łatwością dostosować do wysokich ciśnień i temperatur, które w nowych instalacjach są prawie wyłącznie używane, — a w końcu słusznym zapatrywaniem odbiorców, że turbina osiowa jest prostsza w swej budowie od promieniowej, skutkiem czego w razie jakichkolwiek niedomagań może łatwiej być skontrolowaną przez mechanika miejscowego.

Turbiny osiowe mogą być systemu akcyjnego lub reakcyjnego. Wybór pomiędzy temi systemami sprawia odbiorcy, nieobeznanemu z ich właściwościami, nieraz dużo kłopotu, zwłaszcza że sprzedający przedstawiciele fabryk turbin parowych starają się wady to jednego, to drugiego systemu, przedstawić kupującemu w sposób odstrasający. W rzeczywistości nie można jakości turbin parowych oceniać podług tego, czy turbina jest akcyjną — czy też reakcyjną, tylko podług jej budowy i fabrykatu, bo tak jeden, jak i drugi system ma swoje zalety, w odpowiednim miejscu zastosowany; znawca turbin parowych nie ocenia też ich jakości podług oddanych gwarancji zużycia pary, ponieważ wie, że gwarancje te nie zawsze są dotrzymywane, a pomiary odbiorcze przeprowadzane są w warunkach wyjątkowo korzystnych.

Np. jeśli ma być ustawiona turbina o bardzo wielkiej mocy, pracująca z kondensacją przy ciśnieniu dolotowym poniżej 20 *atn*, której obciążenie waha się nieznacznie, to z powodu zapotrzebowanej wielkiej ilości pary można tutaj zastosować system wyłącznie reakcyjny. W wysokoprężnej części tej turbiny otrzymuje się bowiem łopatki już o takiej długości, która pozwala bez uszczerbku sprawności turbiny na zastosowanie dużych szczelin pomiędzy łopatkami wirnikowymi i kadłubem, dzięki którym osiąga się zupełną niezawodność silnika; — oczywiście w celu podniesienia ostatniej wykonywa się w takich wypadkach turbinę o dwóch kadłubach. Natomiast, jeśli ma być zakupiona turbina, której para wylotowa ma być użytą do celów ogrzewania pośredniego, to nie można brać turbiny wyłącznie reakcyjnej, bo w systemie tym można stosować tylko regulację jakościową, t. j. przez dławienie pary dolotowej. Ponieważ w ruchu obciążenie silnika często spada poniżej normalnego, przeto z powodu dławienia pary dolotowej uchodzi z turbiny para przegrzana, która z powodu złego przewodnictwa ciepła jest niewłaściwą do celów pośredniego ogrzewania, wskutek czego powstają często znaczne trudności przy fabrykacji towaru, do której używa się pary z turbiny o budowie niewłaściwej.

Obecny stan budowy osiowych turbin parowych.

Obecny stan budowy osiowych turbin parowych można scharakteryzować jako okres powstawania nowych typów turbin.

Dawne typy osiowych turbin parowych o dużej mocy, które prawie wyłącznie panowały aż do roku 1922, zniknęły prawie zupełnie. Cechą charakterystyczną tych turbin była budowa silników możliwie krótkich, składających się z koła Curtis'a, jako części wysokoprężnej, i z krótkiej turbiny akcyjnej lub reakcyjnej, jako części niskoprężnej, lub też składających się z niewielkiej liczby kół akcyjnych o wielkiej średnicy; — wszystkie wirniki umieszczone były tylko w jednym kadłubie. Pod wpływem dążności do osiągnięcia mniejszego zużycia jednostkowego pary, propagowanych na kontynencie europejskim w szczególności przez Pierwszą Berneńską Fabrykę, prawie wszystkie wytwórnie, przodującą w budowie turbin parowych, przeszły w latach 1922 do 1925 do budowy turbin o wielkiej liczbie wirników, posiadających mniejsze średnice, ze względu na zachowanie korzystnego stosunku $u : c_1$; w wielu wypadkach wirniki umieszcza się w dwóch lub trzech kadłubach. Ten podział, spowodowany pierwotnie względem poprzednio zaznaczonym, okazał się bardzo wskazanym przy zastosowaniu wyższych ciśnień i temperatur pary dolotowej, aby uzyskać przez uproszczoną budowę poszczególnych mniejszych kadłubów turbiny większą jej niezawodność ruchu, t. j. uniknąć odkształcenia i pęknięcia kadłubów.

W okresie tym, od r. 1922 do 1925, koło Curtis'a było, jako element pracujący nieekonomicznie, zupełnie zaniedbane, czyli nie stosowane w turbinach. Obecnie większość fabryk przodujących powróciła znów do koła Curtis'a w większości budowanych typów turbin, ponieważ posiada ono trzy cenne zalety, mianowicie:

1) do kadłuba turbiny dopływa para o niższym

ciśnieniu i niższej temperaturze, co także korzystnie wpływa na dławnicę wysokoprężną,

2) turbina z kołem Curtis'a, jako częścią wysokoprężną, pracuje ekonomicznie przy zmiennym obciążeniu,

3) przez rozprężanie pary w kole Curtis'a, częściowo zasilanem, uzyskuje się nawet w turbinach o mniejszej mocy (ok. 1000 *kW*), pracujących z dość dużym ciśnieniem pary dolotowej (ok. 22 *atn*) tak dużą objętość pary, która dozwala na zasilenie na całym obwodzie następnym wirników akcyjnych lub reakcyjnych, przy otrzymaniu dostatecznie dużej wysokości łopatek.

Typy turbin, obecnie najczęściej używane na kontynencie europejskim, można omówić najlepiej według rodzaju ich pracy.

Najwięcej rozpowszechnione są turbiny, pracujące z kondensacją. Z nowoczesnej budowy ucierają się w tym dziale następujące typy.

I. Turbiny jednokadłubowe.

Turbiny jednokadłubowe buduje się dla średniej mocy od 500 aż do 10 000 *kW* przy $n = 3\ 000$ obr/*min* w tych wypadkach, w których więcej zależy na zmniejszeniu kosztów silnika, niż kosztów paliwa. Przy ciśnieniu dolotowym aż do 22 *atn* i 400° C wykonywa się je obecnie jako połączenie koła Curtis'a z wielostopniową turbiną reakcyjną lub jako połączenie koła Curtis'a z trzema wirnikami akcyjnymi i z wielostopniową turbiną reakcyjną. Ze względu na uzyskanie lepszej sprawności turbiny, włączenie kilku kół akcyjnych pomiędzy koło Curtis'a i niskoprężną część reakcyjną jest bardzo pożądane, zwłaszcza w turbinach o mniejszej mocy, ponieważ dozwala na stosowanie niezbyt daleko posuniętego rozprężania pary w kole Curtis'a (mniej więcej aż do ciśnienia krytycznego) przy zachowaniu dobrej sprawności i dużej niezawodności ruchu części niskoprężnej turbiny. Mniejsze prędkości pary w kole Curtisa wpływają też korzystnie na trwałość jego łopatek.

W celu uzyskania lepszej sprawności koła Curtis'a i kół akcyjnych tego typu, stosuje się w nich t. zw. łopatki okrężone, t. j. łopatki o różnych kątach wlotowych i wylotowych, oraz dość często pewien stopień reakcyjności. Ostatni wymaga przy kole Curtis'a uszczelnienia kierownic przy piąście wirnika, skutkiem czego koło to posiada kształt litery *U* lub składa się z dwóch wirników. Również ze względu na zmniejszenie zużycia pary używa się obecnie, nawet przy niezbyt dużej wysokości, t. zw. łopatek zwiniętych, których kąty są dostosowane do prędkości obwodowej poszczególnych części łopatek.

Stosowanie dla powyżej wspomnianej mocy i ciśnienia turbin, składających się z koła Curtis'a i z wielostopniowej turbiny akcyjnej, nie daje tak dobrych wyników pod względem zużycia pary, jak typy poprzednio omówione. Sprawność niskoprężnej części akcyjnej o stosunkowo mniejszej liczbie stopni ciśnienia jest bowiem gorsza, niż niskoprężnej części reakcyjnej o bardzo dużej liczbie stopni ciśnienia, a powiększenie liczby stopni ciśnienia w systemie akcyjnym powoduje znacznie większy wzrost kosztów budowy, niż w systemie reakcyjnym.

Jeszcze obecnie budowane przez niektóre wytwórnie turbiny akcyjne lub akcyjno-reakcyjne, składające się z niewielkiej liczby wirników (6 do

10), o dużych średnicach, skutkiem czego pierwsze kilka wirników posiada zasilanie parą na części obwodu, nie mogą oczywiście dać w ruchu tak dobrych wyników pod względem zużycia pary, jak typy nowoczesne. Również pod względem niezawodności biegu można je stosować z powodzeniem tylko przy mniejszym ciśnieniu pary dolotowej (ok. 16 *atn*) i mniejszej mocy. Turbiny kondensacyjne tego rodzaju o mocy bardzo dużej (np. 40 000 *kW* przy $n = 1500$ obr./min) przy dużym ciśnieniu dolotowym, 23 *atn* i 375° C, zawiodły w ruchu nie tylko pod względem zużycia pary, lecz także pod względem trwałości kadłuba, podlegającego przy dużych jego wymiarach działaniu bardzo dużej różnicy temperatur.

Jednokadłubowe turbiny promieniowe składające się tylko z dwóch przeciwbieżnych wirników, wymagające użycia dwóch generatorów elektrycznych, znajdują stosunkowo mało zwolenników, pomimo że sam pomysł jest bardzo interesujący. Trudno bowiem zdobyć przekonanie, iż będą one pracowały stale niezawodnie przy wysokim ciśnieniu i wysokiej temperaturze pary dolotowej.

Z powyższego zestawienia wynika, że dziś unika się stosowania w turbogeneratorach przekładni zębatych, gdzie to tylko jest możliwe. Przekładnia taka posiada wprawdzie dużą sprawność, lecz tworzy element, mogący zmniejszyć niezawodność pracy silnika.

II. Turbiny wielokadłubowe.

Turbiny wielokadłubowe stosuje się w tych wypadkach, w których zależy na możliwie najmniejszym zużyciu pary i w których ciśnienie pary dolotowej przekracza około 22 *atn*. W ten sposób działanie wysokiego ciśnienia i wysokich temperatur ogranicza się tylko do kadłuba wysokoprężnego.

Wśród turbin dwukadłubowych, budowanych o mocy 3000 do 25 000 *kW* przy $n = 3000$ obr./min, można ustalić następujące typy:

a) Część wysokoprężną tworzy koło Curtis'a i dość znaczna liczba zasilanych na całym obwodzie kół akcyjnych, w których para pracuje ze stopniem reakcyjności 5% do 15%, — część niskoprężną tworzy wielostopniowa turbina reakcyjna o jedno lub dwukierunkowym przepływie pary.

b) Część wysokoprężną tworzy koło Curtis'a (lub dwa koła akcyjne) i wielostopniowa turbina reakcyjna, — część niskoprężna jest wielostopniową reakcyjną, a para płynie przez ostatnią w kierunku przeciwnym w stosunku do tegoż w części wysokoprężnej. Przy niższym ciśnieniu pary dolotowej i bardzo wielkiej ilości pary spotrzebowanej przez turbinę, można opuścić koło Curtis'a, jak poprzednio zaznaczono.

c) Część wysokoprężna składa się z kilkunastostopniowej turbiny akcyjnej, a część niskoprężna z kilkostopniowej turbiny akcyjnej.

Pomimo że dotychczas nie zostały opublikowane badania zużycia pary, przeprowadzone przez osoby bezstronne przy silnikach powyższych rodzajów, to można jednak przypuszczać, że typy a) i b) będą mniej więcej równorzędne pod względem zużycia pary, natomiast można mniej poważnie wątpić, czy typ c) dorówna im w tym względzie. Pod względem niezawodności ruchu, powinny wszystkie trzy typy posiadać jednakowy stopień bezpieczeństwa, o ile tylko wykonanie ich jest prawidłowe; naogół przeważa jednak zapatrywanie, że

w wysokoprężnej części turbiny (kadłub wysokoprężny), osiąga się, zwłaszcza przy dużym ciśnieniu dolotowym, większy stopień bezpieczeństwa przy użyciu w tej części systemu akcyjnego.

W tych wypadkach, w których przy dużym ciśnieniu dolotowym od 25 do 40 *atn* wymagane jest możliwie małe zużycie pary, stosuje się, przy mocy powyżej około 15 000 *kW* (przy $n = 3000$ obr./min aż do 30 000 *kW*, przy $n = 1500$ obr./min aż do 50 000 *kW*) także turbiny trzykadłubowe. Wykonywane obecnie w Europie turbiny trzykadłubowe powstają przez dołączenie, w typach omówionych pod a) i b), kadłuba części niskoprężnej o dwukierunkowym przepływie pary, aby uniknąć konieczności stosowania tłoków odciążających i aby móc lepiej opanować wielkie obciążenia pary.

W niektórych wypadkach, w których istniejące turbiny pracują z dość niskim ciśnieniem dolotowym (poniżej ok. 16 *atn*), a są jeszcze w dobrym stanie, poleca się przy rozszerzaniu instalacji ustawić turbiny czółowe, pracujące z ciśnieniem 35 do 40 *atn*, z których para wylotowa zostaje skierowywana do starych turbin. Zaletą takiej rozbudowy są małe koszty instalacyjne, które dziś w rachunku rentowności odgrywają bardzo dużą rolę.

Jako turbiny przeciwpężne o mocy powyżej około 450 *kW* buduje się obecnie przy dużym ciśnieniu dolotowym następujące typy:

- 1) koło Curtis'a w połączeniu z wielostopniową częścią akcyjną,
- 2) koło Curtis'a (lub 2 koła akcyjne) w połączeniu z wielostopniową częścią reakcyjną,
- 3) promieniową turbinę reakcyjną,
- 4) turbinę o dwóch kołach Curtis'a.

Typy podane pod 1) i 2) można, z zastrzeżeniami, podanymi przy rozważaniu turbin kondensacyjnych, uważać za równorzędne. Natomiast typ 3), jako reakcyjny, wymagający regulacji jakościowej, może w wielu wypadkach przy pracy z przeciwpężnością być nieodpowiednim. Nie mniejsze wątpliwości mieć można także co do typu 4), który jest wprawdzie bardzo tani w budowie, lecz którego sprawność w ruchu silnika może w krótkim czasie znacznie zmniejszyć się z powodu dużego zdzierania się łopatek, wywołanego bardzo dużą prędkością pary; zmniejszenie sprawności turbiny powoduje, że para wylotowa, używana do celów fabrykacyjnych, jest więcej przegrzana.

Jako turbiny, pracujące z odbiorem pary do celów fabrykacyjnych, buduje się odpowiednio zmienione typy turbin kondensacyjnych.

Z powyższego opisu wynika, że obecny stan budowy turbin parowych odznacza się dużą różnorodnością. Ostatnia może tworzyć też pewną trudność przy wprowadzaniu u nas wytwórczości turbin parowych. Należy bowiem starać się o to, aby uzyskać licencję na typ najodpowiedniejszy, bo tworzenie nowych typów spowodowałoby zbyt duże koszty biura konstrukcyjnego. Największe trudności napotka jednak wprowadzenie u nas budowy turbin parowych w braku dostatecznych funduszy, które są konieczne do udzielania kupującemu długoletniego kredytu o tanim procencie rocznym. Przy umiejętnym jednak postawieniu sprawy licencji, i ta największa trudność może być z powodzeniem opanowana przez niektóre zasobne wytwórnie krajowe.

O budowie turbin parowych w Polsce^{*)}

Napisał Dr. Inż. W. Borowicz, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Zupełnie słusznie gospodarka energetyczna danego kraju jest uważana za wskaźnik jego dobrobytu, ponieważ jest ona oparta na krajowych zasobach paliwa oraz na jego środkach finansowych.

Co do pierwszego czynnika, posiadamy znaczne bogactwa w postaci węgla oraz ropy naftowej; byłibyśmy więc w możności rozwinąć do pożądanego rozmiarów elektryfikację kraju. Lecz, niestety, brak kapitałów nie pozwala na podniesienie gospodarki energetycznej do wysokości osiągniętej przez naszych sąsiadów zachodnich i zmusza nas do wywożenia zagranicę cennych naszych skarbów w stanie surowym, a czasem i najcięższych naszych pracowników do szukania pracy na obczyźnie.

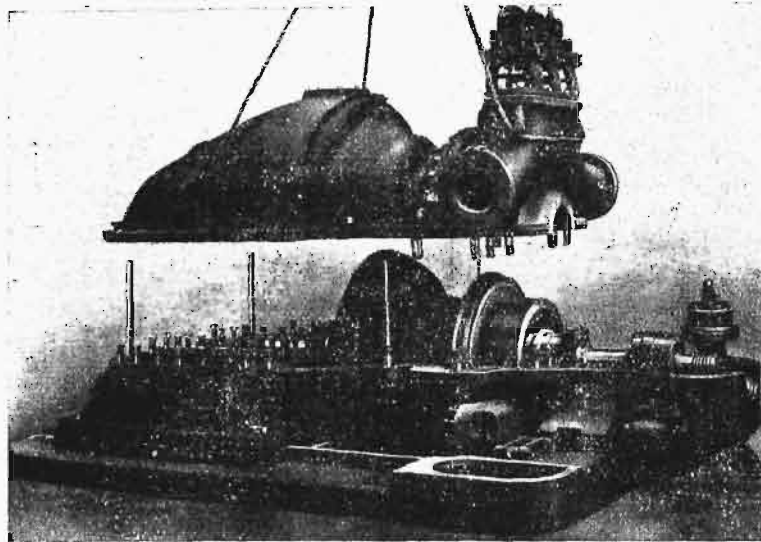
W rozwoju gospodarki energetycznej widzimy możliwość podniesienia dobrobytu kraju przez stworzenie taniego źródła energii, a do tego może się przyczynić w znacznej mierze krajowa wytwórczość silników.

Z ogólnej ilości zainstalowanych u nas prądnic elektrycznych o łącznej mocy ok. 840000 kW—83% posiadają napęd za pomocą turbin parowych, 12% prądnic przypada na maszyny parowe i zaledwie 5% na silniki spalino-wein. Widzimy więc z tych kilku danych, jak wielką rolę odgrywają w Polsce turbiny parowe przy elektryfikacji kraju, i musimy przyznać, że w związku z tem sprawa własnej wytwórni turbin staje się bardzo aktualną.

Budowa turbin parowych przedstawia w porównaniu z budową innych maszyn tę trudność techniczną, że wchodzi tu w grę daleko posunięte wymagania, stawiane warształom. Jest to spowodowane tem, że części turbiny, szczególnie należące do wirnika, powinny być, ze względu na wysokie ilości obrotów, wykonane z wielką precyzją. Gdy warsztat spełni to zadanie, wtedy tylko materia doborowy, z którego te części są wykonane, będzie mógł wykazać swe wysokie zalety i wirnik będzie mógł pracować należycie. Spełnienie tych warunków oraz powodzenie fabryki turbin zależy od czynników następujących: 1) od doboru odpowiedniej konstrukcji maszyny, 2) od uposażenia warsztatu w odpowiednie maszyny i urządzenia do fabrykacji i pomiarów, dalej 3) odpowiednio wyszkolonego personelu tech-

nicznego i robotniczego i w końcu (ale nie w najmniejszej mierze): 4) od odpowiedniego kierownictwa oraz organizacji i uposażenia finansowego przedsiębiorstwa.

Założenie fabryki turbin w Polsce ma do przezwyciężenia dużo trudności. Śledząc rozwój turbin na rynku wszechświatowym, musimy zauważyć, że o ile fabryka nie wypłynęła swemi wyrobami samoistnej konstrukcji na poziom konkurencji do roku 1906, wtedy (tylko z małemi wyjątkami) nie mogła już nadażyć za innymi fabrykami. Obecnie pobić konkurencję, wzgl. dotrzymać kroku w jej szeregu, mogą tylko firmy o nadzwyczaj mocnej organizacji, budujące turbiny o pierwszorzędnej konstrukcji, przy doskonałej pracy warsztatowej, oraz cieszące się zasłużoną opinią w świecie technicznym. Tych warunków nie zastąpi szczególna opieka rządu nad krajową fabryką, tembardziej, że wytwórnia turbin parowych obecnie nie może przestać wyłącznie na zaspokojeniu wewnętrznych potrzeb swego kraju, lecz musi swe wyroby eksportować, aby rozwinąć się w całej pełni. Wytwórnia musi przede wszystkim wytwarzać, a nie kłecić jedną maszynę przez nieskończenie długi okres czasu. To jest jeden z najważniejszych



Rys. 1. Widok turbiny Brown, Boveri i S-ka o mocy 10000 kW, $n = 3000$ obr./min.

warunków rozwoju wytwórni, ponieważ fabryka, jak człowiek, przez życie uczy się i doskonali.

Rozpatrzę teraz poszczególne warunki rozwoju wytwórni turbin w Polsce i zacznę od pierwszego z przytoczonych czynników, mianowicie od doboru odpowiedniej konstrukcji maszyny.

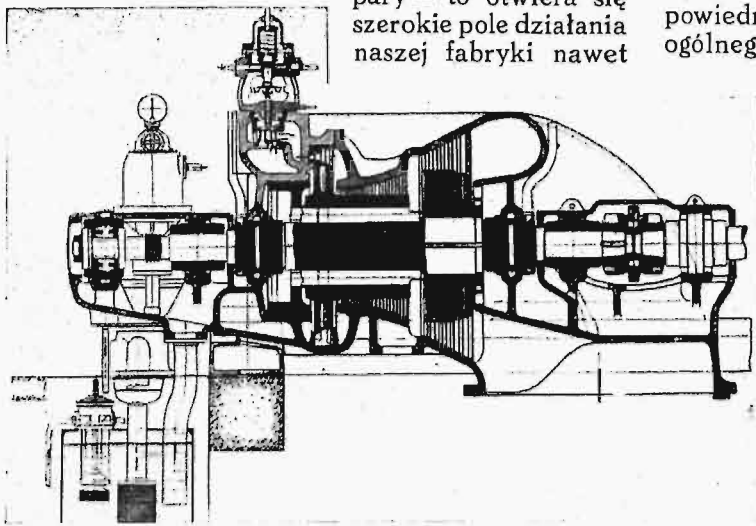
Przystępując do założenia fabryki, musimy zdecydować, w jakim zakresie ma być obrona moc budowanych turbin. W tym celu należy zbadać, jakich turbin potrzebujemy w Polsce. Zapotrzebowanie maszyn można podzielić na trzy grupy: najpierw a) turbiny kondensacyjne do różnych elektrowni, jak okręgowych, miejskich, tramwajowych, fabrycznych i innych; następnie b) tak zwane turbiny prężne, t. j. turbiny przeciwprężne i z odbiorem pary

i w końcu c) turbiny małej mocy.

Rozpatrując turbiny pierwszej grupy, trudno określić, do jakiej wielkości będziemy mieli zapotrzebowanie w kraju. W każdym razie śmiem twierdzić, że nasza nowo założona fabryka

^{*)} Referat wygłoszony na Konferencji turbinowej S.I.M.P.

będzie miała początkowo wielkie trudności do zwalczenia, aby otrzymać zlecenie na turbiny o dużej mocy. Wobec tego nie należy ludzić się nadzieją, że przez pierwszy okres istnienia fabryki krajowej otrzymamy zamówienia na turbiny o większej mocy niż 5000 kW (rys. 1 i 2). Co do turbin drugiej grupy, turbin przeciwpięrznych i z odbiorem pary — to otwiera się szerokie pole działania naszej fabryki nawet



Rys. 2.
Przekrój turbiny 10000 kW z rys. 1.

i w pierwszym okresie jej istnienia. Z dużym powodzeniem mielibyśmy zbyt w cukrowniach, które są w tem szczęśliwym położeniu, że zagranica, w szczególności Anglja, spojrziała łaskawem okiem na nie i udzieliła im znacznych pożyczek na inwestycje, spłacane cukrem. Widzimy wobec tego cały szereg cukrowni, w szczególności w byłym zaborze pruskim, które zmodernizowały swoje warsztaty przez ustawienie turbin parowych. Jako normalną moc turbin w średnich cukrowniach, można uważać od 500 do 1000 kVA, w dużych od 1000 do 2500 kVA (rys. 3). W cukrowniach będziemy więc mieli przeważnie zbyt turbin przeciwpięrznych. Z punktu widzenia oszczędności w gospodarce ciepłej jest wskazane, aby cukrownie przyłączały się do okręgowych sieci elektrycznych, którym dostarczać mogą nadwyżkę energii elektrycznej, w tym celu, aby cała ilość pary, potrzebna do celów ogrzewniczych, rozprężała się w turbinach. W tych wypadkach, dostarczalibyśmy takim cukrowniom, wzgl. rafinerjom, t. zw. turbiny z odbiorem pary, o mocy od 2500 do 3000 kVA.

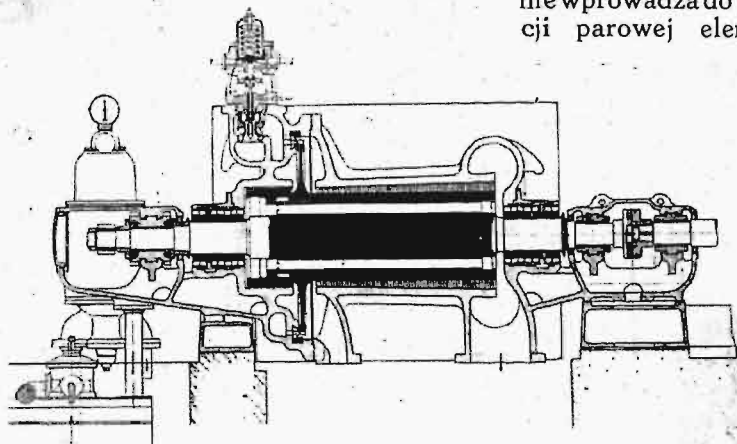
W przemyśle włókienniczym oraz w papierniach jest duże zapotrzebowanie na turbiny z odbiorem pary oraz na turbiny przeciwpięrzne; zależnie od rozmiarów tych fabryk, będziemy mogli liczyć na turbiny przeważnie około 500 kW, lecz są przypadki zapotrzebowania turbin mniejszych t. j. od 150 — 200 kW oraz większych — do 3000 kW.

Przemysł chemiczny również będzie odbiorcą turbin parowych. Dla tego przemysłu

wchodzą w rachubę turbiny przeciwpięrzne lub z odbiorem pary, albo od 150 do 300 kW, albo od 1000 do najwyżej 2000 kW.

Ogrzewanie zapomocą pary odlotowej z elektrowni czeka swego urzeczywistnienia również i w Polsce. Turbiny z odbiorem pary mają w zimowych miesiącach posyłać swą parę odlotową przez rury izolowane, ułożone w odpowiednich kanałach pod ziemią, do budynków ogólnego użytku, np. do łaźni, szkół, szpitali, teatrów i innych. W lecie turbiny takie pracują z kondensacją. Wchodzą tu w rachubę turbiny około 1000 do 2000 kW. Również zakłady kąpielowe będą odbiorcami turbin z odbiorem pary, wzgl. przeciwpięrznych. Te zakłady będą potrzebowały przeważnie mniejszych turbin około 500 kW, o ile nie przyłączą się do elektrycznych sieci okręgowych; wtedy również większe jednostki turbin znalazłyby zastosowanie. Pod tym względem, Krynica przedstawia chlubny początek we wprowadzaniu wzorowej gospodarki ciepłej i po ukończeniu tych prac będzie mogła służyć jako przykład nie tylko dla krajowych zakładów kąpielowych.

Przechodząc do turbin trzeciej grupy, t. j. do małych turbin, musimy zaznaczyć, że tu otwiera się bardzo rozległe pole działania dla nowej fabryki, szczególnie w pierwszym czasie jej istnienia. Małe turbiny, budowane jako jedna całość z prądnicami, mają szerokie zastosowanie w kolejnictwie do wytwarzania światła na lokomotywach parowych (rys. 4). Oświetlenie naftowe nie odpowiada już obecnym wymaganiom czasu, a gazowe oświetlenie wprowadza do trakcji parowej element

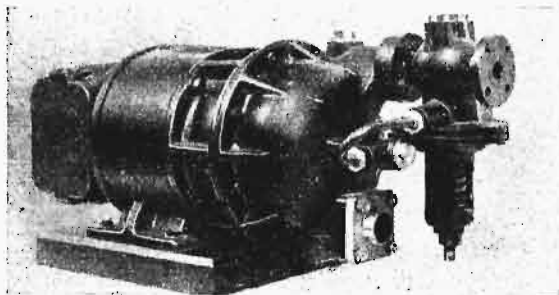


Rys. 3.
Turbina wytw. Brown, Boveri i Sp. o mocy 2500 kVA.

obecny a niebezpieczny, mianowicie gaz. Zupełnie naturalną i słuszną myślą jest zastosowanie turbin parowych i zużytkowanie pary odlotowej w podgrzewaczu wody zasilającej; zużycie pary, dosyć znaczne w małych turbinach, o mocy zaledwie kilku kilowatów, nie spowoduje wielkiego uszczerbku ogólnego zużycia pary w lokomotywach, gdzie wogóle gospodarka ciepła przedstawia się obecnie

jeszcze bardzo niekorzystnie. Firma P. T. E. w Katowicach wykonywa już takie turboprądnice według licencji angielskiej firmy I. Stone et Co. Ltd, w Londynie, z bardzo dobrym skutkiem.

Następnie małe turbiny znajdują zastosowanie w różnych zakładach przemysłowych, dokąd poprzednio utorowały sobie drogę turbiny o dużych wymiarach, bądź jako dające napęd dla urządzeń



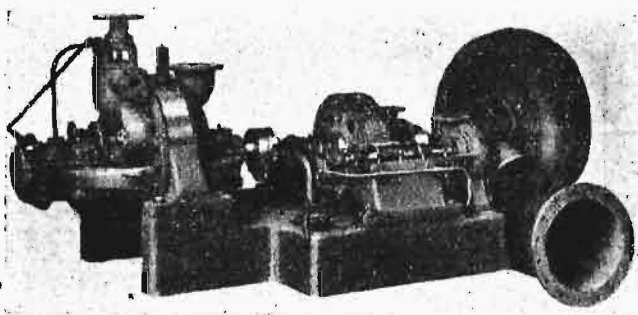
Rys. 4.

Turbozespół służący do oświetlenia pociągu (wyk. Melms i Pfenninger w Monachjum).

kondensacyjnych (rys. 7), bądź to do pomp odśrodkowych przy zasilaniu kotłów parowych (rys. 6), do wentylatorów, (rys. 5), w cukrowniach, w przemyśle chemicznym, włókienniczym i innych.

Małe turbiny mogą więc u nas znaleźć zastosowanie, w wielkości od kilku kW począwszy, do mniej więcej 70 kW.

Po rozpatrzeniu kwestji, do jakiej mocy turbin musimy być przygotowani w pierwszym czasie fabrykacji, przejdziemy obecnie do rozpatrzenia sprawy wyboru konstrukcji samej turbiny. W wyborze konstrukcji małych turbin nie będziemy mieli trudności, ponieważ tu panuje jednomyślność, że turbiny akcyjne systemu Curtis'a o jednym stopniu ciśnienia oraz od 2 do 3 stopni prędkości przedstawiają najlepszy rodzaj tych małych maszyn. Na wykonanie turbin tego typu odważyły się również te fabryki, które w zasadzie budowały początkowo swe duże jednostki wyłącznie jako reakcyjne. Z biegiem czasu również i inne



Rys. 5.

Turbinka napędzająca wentylatory (Melms & Pfenninger, Monachjum).

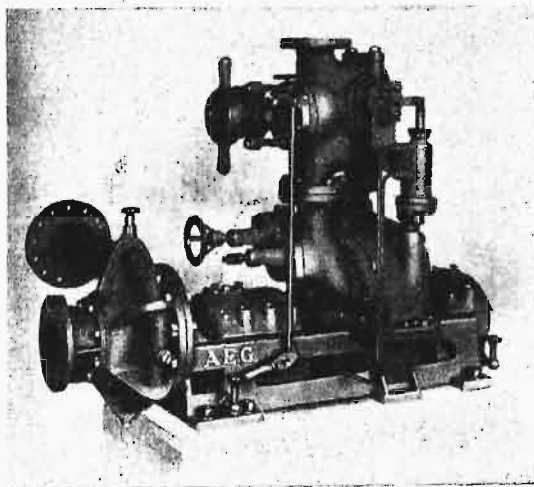
wprowadziły koło Curtis'a do swych konstrukcji dużych turbin, jako część wysokoprężną, a w małych stosują obecnie ten system wyłącznie.

Również mniejsze turbiny przeciwnie, od których nie będzie wymagany wysoki współczyn-

nik sprawności, mogą być wykonane o jednym kole Curtis'a, wzgl. o dwóch takich kołach (rys. 8).

Przechodząc do turbin większych rozmiarów, muszę zaznaczyć, że w tym wypadku nie ustało jeszcze ścieranie się zdań fachowców. Każdy system ma swych wyznawców i przeciwników, lecz daje się zauważyć już pewna krystalizacja poglądów, że wskazane jest zastosowanie w pierwszej połowie turbiny, t. j. w części wysokoprężnej, stopni akcyjnych, bądź to stopni Curtis'a, bądź t. zw. stopni Zoelly'ego, zaś w niskoprężnej części — stopni reakcyjnych (rys. 9).

Przy tej sposobności muszę poruszyć sprawę wysokiej sprawności turbiny, która była w ostatnim czasie przedmiotem bardzo zażartych walk różnych fabryk, może mniej w dziedzinie czynu, niż słowa. My, z naszą fabryką turbin, która powstawać będzie w nader ciężkich warunkach, musimy się znajdować poza nawiasem tych walk. Nie powinniśmy dać się wciągnąć w wir różnych nowych prądów w budowie turbin, które przeważnie są oparte albo na oryginalnych, lecz niepraktycz-

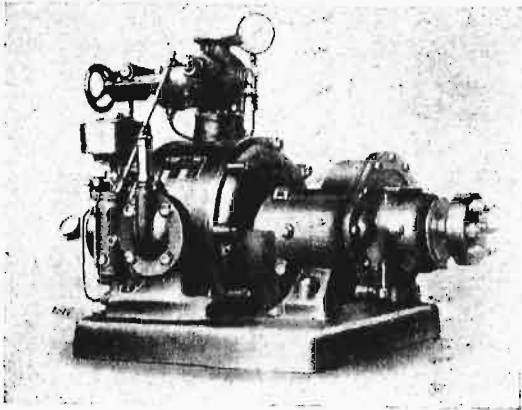


Rys. 6.

Turbina (AEG) poruszająca pompę odśrodkową do zasilania kotła.

nych pomysłach, albo na dawniejszych, porzuconych w swoim czasie z jakichkolwiek względów, często na życzenie odbiorcy, chcącego mieć jaknajtańszą turbinę. Okazało się, że cały szereg takich niby nowych pomysłów był z powodzeniem wykonywany przed 20 laty i teraz znów do nich powracamy. Nasze turbiny powinny mieć cechę pewności ruchu, aby zaskarbić sobie zaufanie naszego społeczeństwa, w myśl dewizy amerykańskiej: „reliability first, last and any time”; pewność ruchu turbiny może spokojnie być osiągnięta kosztem kilku osutek jej wygórowanej sprawności. Wysoka sprawność naszej turbiny musi pozostać na tej samej wysokości po dłuższym czasie pracy, t. j. wykazywać wysoką sprawność nie tylko przy tak zw. w języku niemieckim „Paradeversuche”, nazajutrz po uruchomieniu. Nie powinniśmy się uganiać za wysokimi liczbami sprawności samej turbiny, lecz starać się, aby całe urządzenie osiągnęło wysoką sprawność przez zastosowanie nowoczesnych urządzeń pomocniczych.

Ta sama uwaga dotyczy również wysokich ciśnień i temperatur pary, które nieraz nieogłędnie są wprowadzane w użycie, z pominięciem ogólnej sprawności oraz bezpieczeństwa zakładu.



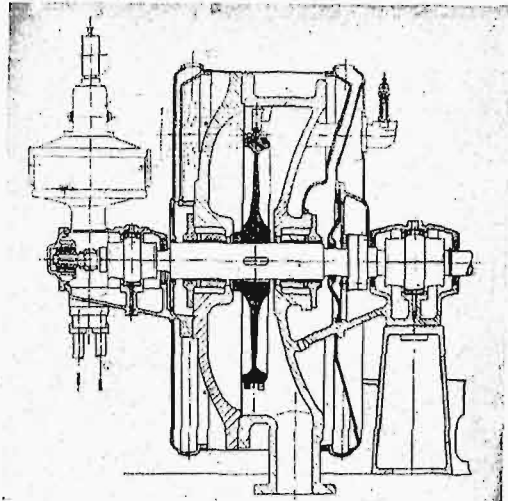
Rys. 7.

Turbina do napędu pomp kondensacyjnych (BBC).

Dokładne badania, oparte na danych z praktyki, wykazały, że turbiny kondensacyjne (przy niskich cenach węgla) z parą dolotową o 25 *ata* są tak samo ekonomiczne, jak o 35 *ata*. Poza tym tylko turbiny o dużej mocy (ponad 10 000 *kW*) są ekonomiczne dla tych ciśnień, i to jeżeli pracują bez przerwy 24 godz. na dobę oraz gdy węgiel jest drogi. Dla naszych warunków, t. j. przy stosunkowo tanim węglu, pracy około 12 godz. na dobę oraz mocy maksymalnie 5 000 *kW*, wchodziłoby w rachubę ciśnienie pary dolotowej max. 20 *ata* oraz temperatura 350° C. Wyższe ciśnienia, do 35 *ata* pary dolotowej, są tylko tam usprawiedliwione, gdzie istniejące zakłady mają być modernizowane przez postawienie t. zw. turbin czołowych, albo jeżeli bardzo duże jednostki mają się obracać z szybkością 3 000 obrotów na minutę. Te wypadki należy jednak zaliczać do anormalnych.

Stosując turbiny przeciwnie i z pobraniem pary, musimy również dokładnie obliczyć, jakie najwyższe ciśnienie oraz temperaturę pary dolotowej możemy wprowadzić, aby cały zakład pracował najsprawniej. Powracając do przykładu cukrowni, nad które mi się nieco dłużej zatrzymałem, podkreślę, że bardzo liczne takie zakłady w Niemczech zainstalowały turbiny parowe o ciśnieniu dolotowym od 8,5 *ata* do 10 *ata*, o ile trzeba było je stosować do kotłów istniejących, oraz turbiny do 15 *at abs.*, o ile wchodziło w rachubę ustawienie nowych kotłów. W ostatnich czasach w Polsce i Czechach cukrownie zaopatrzyły się w turbiny o ciśnieniu dolotowym do 22 *ata* oraz temperaturze 300° C (rys. 10). Wyższe ciśnienia w cukrowniach są z tego powodu niewskazane, że przy takich ciśnieniach pracę bez przerwy, t. j. na trzy zmiany na dobę, uważa się za niebezpieczną. Przegrzewanie pary dolotowej w cukrowniach ponad 400° C powoduje zbyt suchą parę odlotową,

co przy użyciu jej do aparatów grzejnych jest niewskazane, choćby już z tego powodu, iż para prze-



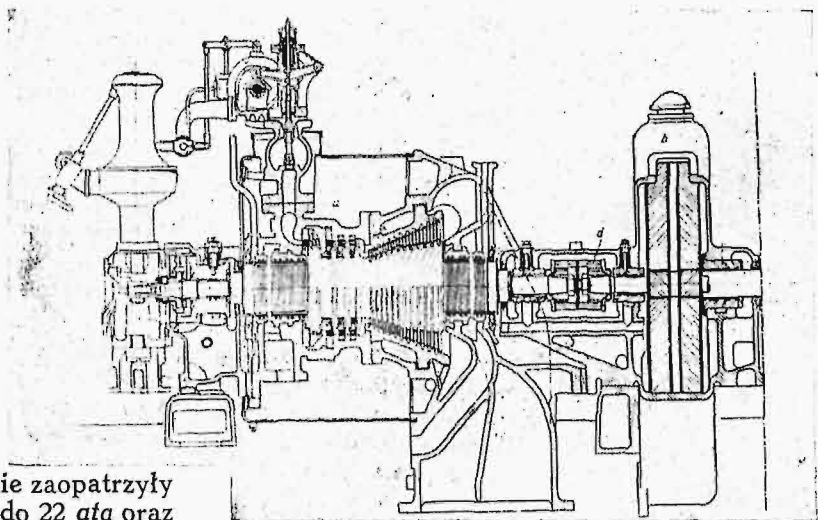
Rys. 8.

Turbina przeciwnieprężna małej mocy (AEG).

grzana ma znacznie mniejszy współczynnik przenikania ciepła, niż np. sucha nasycona.

Podobnie ma się rzecz w przemyśle papierniczym: tu dokładne obliczenia wykazały, ¹⁾ że w dzisiejszych warunkach podwyższenie ciśnienia pary dolotowej ponad 30 *at abs.* i 400° C nie daje korzyści ekonomicznych, o ile przyjąć pod uwagę całokształt zakładu, licząc 15% na oprocenowanie i amortyzację kapitału zakładowego oraz 5% na utrzymanie zakładu.

Z tych przykładów wynika, że ogromne korzyści wykazywane w samej tylko sprawności turbiny, przy stosowaniu wysokiej prężności pary dolotowej, znacznie się redukują przy rozpatrzeniu wszystkich czynników całego zakładu i że w naszej fabryce turbin będziemy narazie mieli do czynienia z budową turbin najwyżej do 30 *at abs.* pary dolotowej, o temperaturze max. 400° C.

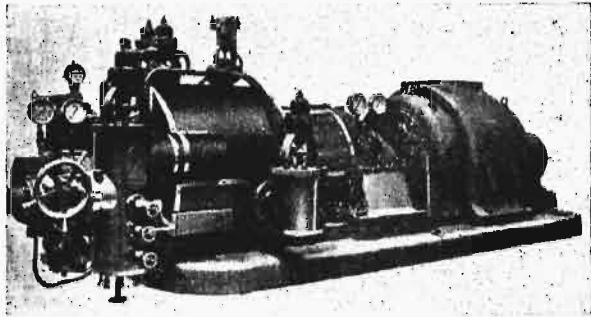


Rys. 9.

Turbina akcyjno-reakcyjna wytw. AEG w Berlinie.

¹⁾ Power, 28.12.26.

Przechodząc do drugiego warunku powodzenia fabryki turbin parowych w Polsce, mianowicie do uposażenia warsztatu w odpowiednie maszyny i urządzenia, muszę zaznaczyć, że rubryka ta w budżecie założenia fabryki turbin będzie wynosiła ogromną sumę i że należy zastanowić się, czy możemy liczyć na odpowiednie kapitały, aby założyć fabrykę turbin, po pierwsze — samodzielnie, powtóre — jako nową. Nasuwa mi się pod tym względem dużo wątpliwości. Widzę dużo przyczyn, dla których odradzałbym taki krok. Przedewszystkiem brak kapitału, powtóre potrzeba jak najszybszego wydania na rynek (choćby wewnętrzny) turbiny zupełnie



Rys. 10. Turbina BBC o ciśnieniu dolotowym 22 ata i temp. 300°, ustawiona w jednej z cukrowni woj. Poznańskiego.

dojrzałej, pozbawionej „chorób dziecińczych”, chęci powrotu do swej macierzystej fabryki. Na tę ostatnią chorobę (bardzo niebezpieczną a często nieuleczalną i dziedziczną) zapadają turbiny nawet z „najlepszych domów”. Nie widzę pod tym względem innego wyjścia, jak zrzucić pychę z serca i zastanowić się nad myślą, czyby nie było wskazane oprzeć się o fabrykę zagraniczną. Ale w wyborze takiej fabryki musimy być bardzo ostrożni: musimy tu rozważyć, że zarówno szkodliwym może być oparcie się na fabrykach państwa ościennego (ze względu na przyczyny polityczne), jak również na fabrykach państwa najbliższej z nami przyjaźnionego, ponieważ taka przyjaźń polityczna nie zawsze jest związana z największą korzyścią dla nas. Moim zdaniem, powinniśmy obrać jedną z takich fabryk, która, będąc założoną w państwie rzeczywicie neutralnym, jednocześnie buduje turbiny „neutralne”, t. j. taka, która nie dzięki swej krzykliwej propagandzie, lecz przez solidne wyroby cieszy się szerokim wzięciem na rynku wszechświatowym. Przy wejściu do spółki z taką firmą, mamy po pewnym czasie zapewniony zbył zagranicą, co będzie już wyłącznie zależało od nas samych, t. j. od tego, czy będziemy w stanie budować maszyny o tej samej jakości, jak fabryka macierzysta. Idąc dalej w swych założeniach, najprędzej dojdziemy do wypuszczenia w świat pierwszej turbiny, jeżeli oprócz oparcia się na istniejącej zagranicznej fabryce turbin, oprzemy się również na istniejącej w kraju fabryce maszyn²⁾. Te myśli nie są odo-

²⁾ W Niemczech widzimy podobny przykład: firma Melms und Pfenninger buduje swe turbiny w zakładzie Maffei (fabryce lokomotyw) w Monachium. Taka współpraca z fabryką lokomotyw jest wskazana też pod tym względem, że turbiny zaczynają znajdować zastosowanie do napędu lokomotyw z bardzo dobrimi wynikami.

sobnione w Polsce, ponieważ dowiedziałem się przed dwoma miesiącami, że pewna firma zagraniczna zamierza otworzyć swą ekspozyturę w Polsce w jednej z największych fabryk maszyn w kraju i że pertraktacje są już dosyć daleko posunięte. Wybór tej naszej krajowej fabryki byłby może odpowiedni, lecz co do firmy zagranicznej mogę podnieść między innymi ten zarzut, że sama nie buduje prądnic elektrycznych, co jest bardzo ujemną stroną tej całej imprezy.

Przechodząc do trzeciego warunku powodzenia fabryki turbin w Polsce, mianowicie do kwestji wyszkolenia naszego robotnika, muszę zaznaczyć, że pod tym względem może tylko w pierwszym czasie napotkamy na pewne trudności. W czasie swej praktyki w Niemczech i w kraju zauważyłem, że robotnik nasz pod względem zdolności o wiele przewyższa robotnika niemieckiego, biorąc pod uwagę, że tam robotnik pracuje przy udoskonalonych maszynach i urządzeniach, wtedy gdy u nas wykonanie roboty zależy nieraz przeważnie od zręczności pracownika. Tylko nie posiadamy jeszcze tej dyscypliny i poczucia obowiązku, co na Zachodzie, oraz tego, co stanowi czwarty warunek powodzenia fabryki, t. j. odpowiedniego kierownictwa. Nie chcę przy tej sposobności ubliżyć poszczególnym dzielnym jednostkom w kraju, które z zaparciem się siebie prowadzą ciężką pracę administracyjną fabryk, nieraz nawet z dużym powodzeniem. Ale mamy dużo ludzi na stanowiskach kierowniczych, którzy dorwali się tej placówki w czasie chwilowego braku — że tak powiem — pod ręką sił odpowiedniejszych. Takie jednostki, bez praktyki poprzedniej, uczą się na żywym organizmie fabryki tego „dyrektorstwa”, z olbrzymią szkodą dla przedsiębiorstwa, nie mówiąc już o takich, którzy widzą w przedsiębiorstwie tylko obiekt do zaspokojenia swych wygórowanych aspiracji materialnych. Brak praktyki dyrektorów, brak poczucia obowiązków obywatelskich u nich, oraz niechęć do własnego kształcenia się w kierunku ogólnego rozwoju gospodarki fabrycznej, doprowadziły niejedną fabrykę do ruiny. Pod tym względem musimy przy wyborze kierownictwa mieć oczy otwarte, aby nie powtórzyć tego uchybienia, które niestety zdarzało się i ciągle jeszcze się zdarza w naszym kraju.

Kończę swe wywody krótkim streszczeniem.

Streszczenie.

Na wstępie przedstawiłem warunki, przy których w ogóle fabryka turbin parowych może liczyć na powodzenie. Przechodząc następnie do projektu założenia fabryki turbin parowych w Polsce, rozpatrzyłem najpierw:

- a) wielkości turbin, wchodzących tu w rachubę. Uważam, że możemy liczyć na:
 - 1) turbiny kondensacyjne maksymalnie do 5 000 kW,
 - 2) turbiny przeciwprężne, względnie z odbiorem pary:
 - mniej od 100 do 500 kW,
 - średnie od 500 do 1 000 kW,
 - duże, w wyjątk. wypadkach, do 2 500 kW.
 - 3) turbiny małe od 1 do 70 kW,

b) co do konstrukcji byłbym zdania, że dla turbin małych i mniejszych przeciwprężnych będzie wskazane obrót typ koła, wzgl. kół Curtisa. Dla turbin większych, wysokoprężną część wykonać należałoby w formie stopni akcyjnych, niskoprężną — w formie reakcyjnych.

Co do ciśnienia pary, ostrzegałem przed nierozważnym dla naszych warunków wprowadzaniem

niem wyższych ciśnień od 30 atf i temperatury ponad 400° C.

W sprawie założenia fabryki, przedstawiłem swe zapatrywanie, aby ew. oprzeć się na zagranicznej firmie turbin parowych, oraz na odpowiedniej istniejącej krajowej fabryce maszyn. W końcu zwróciłem uwagę na bardzo ważny warunek powodzenia fabryki, mianowicie na odpowiedni wybór kierownictwa.

Nowsze konstrukcje turbin parowych.

Napisał Inż. Z. Ficki.

Ostatnie lata zaznaczyły się w budowie turbin parowych osiągnięciem dużej sprawności termodynamicznej silnika, zastosowaniem wysokich prędkości pary dlotowej, a obok tego rozpowszechnieniem turbin pracujących z przeciwprężnością i z pośrednim odbiorem pary. Fabryki turbin wykonały instalacje, pracujące przy prędkości pary dlotowej 40, w niektórych nawet ponad 100 at, osiągając dla wielokadłubowych turbin sprawność termodynamiczną około 85%, odniesioną do mocy na sprzęgle. Kilkoletnia już eksploatacja wysokoprężnych turbin dowiodła zupełnie zadawalniającej pewności ich ruchu, ale jednocześnie wykazała, że przy obecnej wysokiej stopie procentowej kapitału, ustosunkowanie cen paliwa i maszyn w znacznej większości wypadków nie usprawiedliwia tego wzrostu kosztów instalacyjnych, jakiego wymaga zastosowanie wysokiej prędkości i budowa turbin o dużej sprawności termodynamicznej (η_t).

W budowie turbin z przeciwprężnością i odbiorem pary regulacja silnika osiągnęła taką precyzję w przystosowaniu turbiny do dowolnego ustosunkowania pobieranych mocy i ilości pary grzejnej, że największe nawet wahania tych zapotrzebowań nie odbijają się na prędkości i temperaturze pobieranej pary. Doświadczenie z ruchu tych silników nie wysunęło żadnych zastrzeżeń co do jakości ich działania, natomiast tak dobitnie potwierdziło ich spodziewane korzyści gospodarcze, że te gałęzie wytwórczości, w których rozchód pary grzejnej przerasta zapotrzebowanie mocy, coraz częściej stają się producentami prądu, oddając swoją nadwyżkę elektrycznym centralom okręgowym po cenie niższej od kosztów własnych tych ostatnich.

Kosztowność i nierentowność turbin o małym jednostkowym rozchodzie pary jest, jak należy przypuszczać, przemijająca: udoskonalenie metod wytwórczości i ogromny rozrost produkcji turbin, jaki obserwujemy, obok dostosowania się budowy kotłów do nowych zadań, narzuconych przez wysokoprężną turbinę, obniży, podobnie jak to kiedyś miało miejsce dla silnika tłokowego, koszt instalacyjne wysokoprężnych instalacji parowych, usunie przez to jedyną przeszkodę ich rozpowszechnienia, dając możliwość wyzyskania postępów konstrukcyjnych, jakie przyniosły ostatnie lata.

Wysoka sprawność termodynamiczna turbiny została osiągnięta przez obniżenie szybkości prze-

pływu pary przez wieńce wirnika, t. j. przez powiększenie liczby stopni, na jakie zostaje w turbinie rozdrobiony całkowity spadek ciepła. Tę stronę konstrukcji turbiny najdogodniej charakteryzuje ilościowo liczba Parsons'a $\frac{\Sigma u^2}{i_1 - i_2}$, albo

też pojęcie zredukowanej szybkości obwodowej według wzoru $v = \frac{\sqrt{\Sigma u^2}}{91,53 \sqrt{i_1 - i_2}}$,¹⁾ które, jak widać

z wartości licznika i mianownika, jest zmodyfikowaną liczbą Parsons'a. Spółczynnik v jest dogodniejszy w użyciu, ponieważ jest ułamkiem i ma łatwe do zrozumienia znaczenie fizyczne; przez analogię z ilo-

razem $\frac{u}{c}$ ²⁾ można go nazwać szybkością obwodową, odniesioną do bezwzględnej szybkości pary. Zależność η_t od v widoczna jest z 4 nast. przykładów:

1907 r., moc 1000 kW, 4 wieńce Curtisa	$v = 0,290; \eta_t = 0,639$
1913 r., moc 4000 kW, 2 wień. Curt., 10 akc.	$v = 0,351; \eta_t = 0,694$
1924 r., moc 4000 kW, 8 wieńców akc.	$v = 0,429; \eta_t = 0,770$
1925 r., moc 6000 kW, 12 wieńc. akc.	$v = 0,609; \eta_t = 0,817$

Rok oznacza datę zbudowania turbiny. Pod względem mocy, turbiny, z wyjątkiem pierwszej, niewiele się różnią pomiędzy sobą, liczby obrotów i granice cieplne dla wszystkich tych turbin są również jednakowe.

Niżej podany jest opis kilku instalacji turbin, wykonanych w latach 1925—1927.

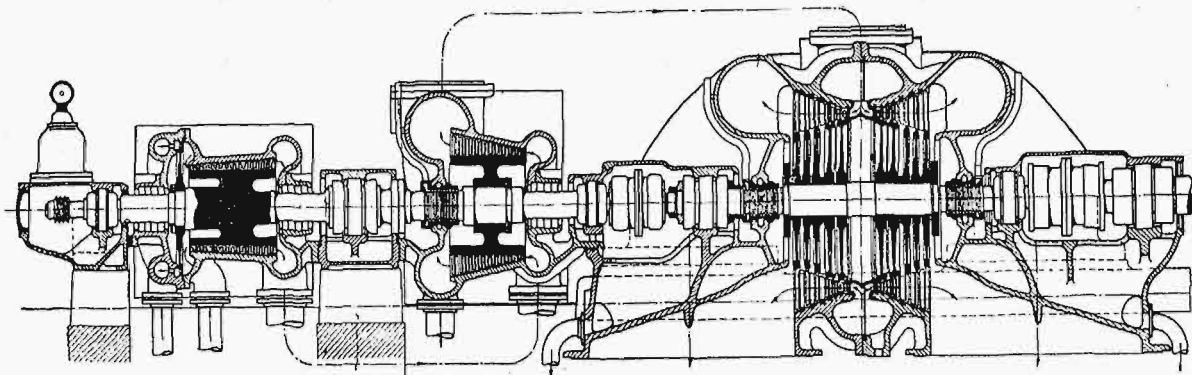
Turbina B. B. C. dla elektrowni w Bielefeld.³⁾

Moc zespołu na zaciskach prądnicy 10 000 kW, liczba obrotów 3000 obr./min, prędkość pary dlotowej 12,5 at abs., temperatura 300°C, turbina pracuje z kondensacją. Wirnik turbiny składa się z jednego (pierwszego) wieńca akcyjnego i 33 reakcyjnych, umieszczonych w liczbie 12, 12 i 10 w trzech kadłubach. Wirnik niskoprężny jest dwustrumieniowy, przez części wysoko i średnioprężną para

¹⁾ gdzie u oznacza szybkość obwodową, zaś $i_1 - i_2$ adiabatywny spadek ciepła.

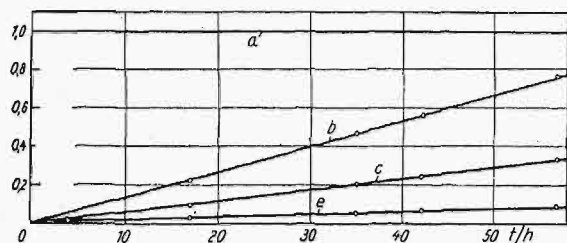
²⁾ gdzie c oznacza bezwzględną prędkość pary.

³⁾ V. D. I. tom 71, Str. 419 i V. D. I. tom 70, Str. 715.



Rys. 1. 3-kałubowa turbina parowa Brown, Boveri i S-ka.

przepływa w przeciwnych kierunkach, dzięki temu nacisk osiowy zostaje prawie zupełnie wyrównany, drobne zaś różnice, powstające w ruchu, podejmuje storcowe łożysko kulkowe, umieszczone między kałubem wysokoprężnym i niskoprężnym.



Rys. 2. Kształtowanie się prężności pary w turbinach (Brown, Boveri i S-ka, w zależności od obciążenia.

Odcięte wyrażają rozchód pary w t/h, rzędne zaś — stosunek do prężności przy głównym zaworze wlotowym.

Wirniki wysokoprężny i średnioprężny złączone są sztywnym sprzęgłem, część niskoprężna i prądnica — sprzęgłami kłowymi. Bęben części wysokoprężnej stanowi całość z wałem, bęben części średnioprężnej jest wykonany w jednej sztuce i osadzony na wałe ze skurczem, niskoprężny zaś wirnik składa się z pojedynczych tarcz, osadzonych na wałe ze skurczem i zaciśniętych w kierunku osiowym. Średnica podziałowa ostatniego wieńca wynosi 1225 mm, odpowiednia szybkość obwodowa 192,5 m/sek, zredukowana szybkość obwodowa turbiny:

$$v = \frac{\sqrt{661790}}{91,53 \sqrt{205}} = 0,62. \quad \text{Regulacja turbiny.}$$

4-stopniowa (ilościowa), przy przeciążeniu para jest przepuszczana bezpośrednio na drugi wieńiec.

Prof. Josse wykonał w r. 1926, w kilka miesięcy po zmontowaniu turbiny, pomiary cieplne. Wyniki pomiarów podane są w tabeli I.

Mechaniczne straty turbiny, zmierzone przy odłączonym sprzęgle prądnicy, wynoszą 158 kW, czemu odpowiada dla obciążenia $\frac{1}{4}$ sprawność mechaniczna $\eta_m = 98,6\%$ (bez promieniowania i strat przez nieuszczelnności).

Prężności i temperatury pary były odczytywane za każdym zaworem regulacyjnym i w przelotach między kałubami. Wyniki tego pomiaru podane są na rys. 2. Prosta *a* oznacza prężność przed zaworem głównym, *b* — prężność za pierwszym kołem, *c* i *e* — prężności za pierwszym i drugim kałubem — podane jako funkcje rozchodu pary.

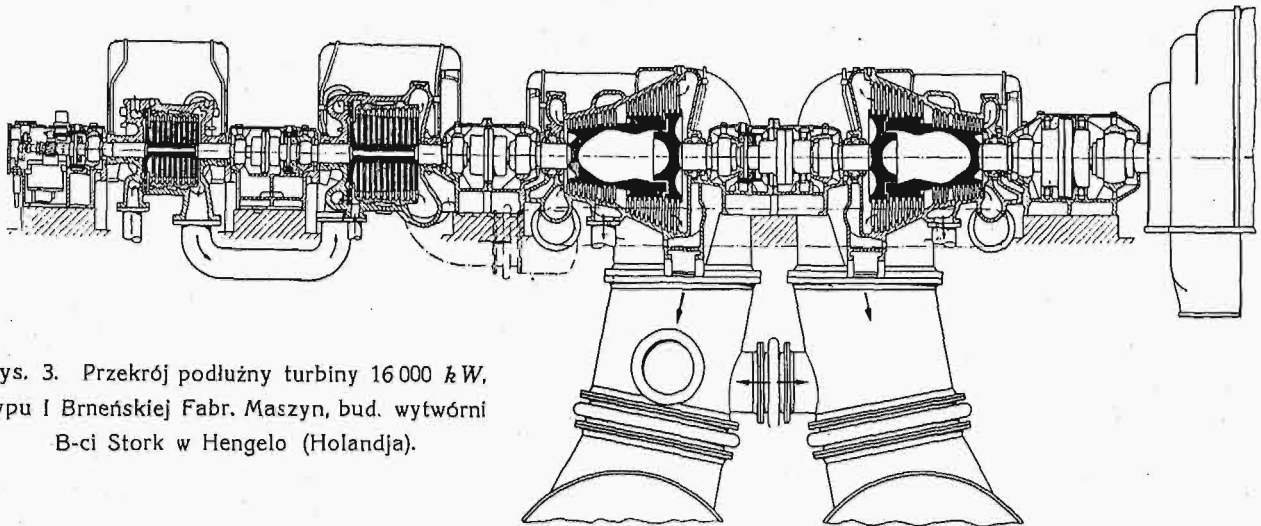
TABELA I.

	Jednostki	Obciążenia			
		$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
Moc na zaciskach prądnicy . . .	kW	10 866	7813	6498	2610
Moc na sprzęgle turbiny . . .	kW	11 352	8232	6900	2941
Sprawność prądn. Prężność abs. pary przed zaworem głównym .	%	95,72	94,90	94,17	88,75
Temperatura pary dolotowej .	kg/cm ²	12,43	12,47	12,40	12,79
Prężność w skraplaczu (przeciętna z pomiarów temp. i prężn.)	°C	323,5	327,7	332,3	335,6
Adiabatyczny spadek ciepłika .	kg/cm ²	0,0908	0,0788	0,0716	0,0516
Teoretyczny rozchód pary . .	Kal	205,0	210,5	214,0	224,8
Całkowity rozchód rzeczywisty pary	kg/kWh	4,196	4,088	4,020	3,826
Jednostkowy rzeczywisty rozchód pary liczony względem mocy prądnicy . . .	kg/h	57 010	42 110	35 040	16 940
Jednostkowy rzeczywisty rozchód pary, liczony względem mocy na sprzęgle . . .	kg/kWh	5,245	5,389	5,397	6,492
Sprawność termodynam. względem mocy prądnicy . . .	kg/kWh	5,055	5,106	5,080	5,765
Sprawność termodynam. względem mocy na sprzęgle . . .	%	80,00	75,85	74,50	59,00
Sprawność ogólna zespołu względem mocy prądnicy . . .	%	83,55	81,45	79,10	66,40
Ciepłik pary odlotowej . . .	%	22,20	21,56	21,45	17,80
Wilgotność pary odlotowej (ilość gramów pary w 100 gramach mieszaniny) . .	Kal	564,9	568,9	569,9	586,8
	%	91,3	92,3	92,6	95,9

Sprawność termodynamiczna wysokoprężnej części dla obciążenia $\frac{1}{4}$ obliczona według odczytanych za pierwszym kałubem parametrów (4,2 kg/cm², 211° C) w odniesieniu do odpowiedniego adjab. spadku ciepłika, wyniosła 81,5%. Zreduko-

wana szybkość obwodowa wirnika wysokoprężnego wynosi $v = 0,55$, więc mniej niż dla całej turbiny. Wysokie η_t pierwszego kadłuba wskazuje, że mniemanie o nieprzydatności reakcyjnych wieńców dla wysokich prędkości pary było nieusprawiedliwione.

obrotach turbiny i włącza się samoczynnie przy obniżeniu ilości obrotów poniżej dolnej granicy regulacji. Dla podgrzewania skroplin, zasilających kotły, para pobierana jest z przelotu między kadłubami średnioprężnym i niskoprężnym, albo z kadłubów niskoprężnych, odpowiednio do obciążenia;



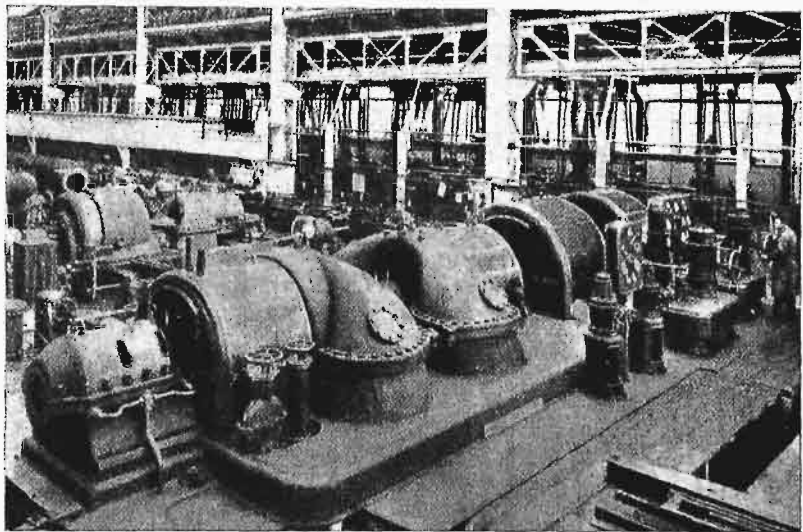
Rys. 3. Przekrój podłużny turbiny 16 000 kW, typu I Brneńskiej Fabr. Maszyn, bud. wytwórni B-ci Stork w Hengelo (Holandja).

Turbina syst. Pierwszej Berneńskiej fabr. maszyn, wykonana dla elektrowni w Utrechcie przez fabr. „B-cia Stork” w Hengelo (Holandja)⁴⁾.

Moc zespołu na zaciskach prądnicy 16 000 kW, liczba obrotów 3000 obr./min, prędkość pary dołotowej 33 at abs., temperatura 400° C, turbina pracuje z kondensacją. W odróżnieniu od turbiny podanej na rys 1, jest to już silnik wysokoprężny, albo raczej, jak należałoby go dzisiaj zaklasyfikować, — średnioprężny. Wirnik turbiny jest utworzony z 10-iu wieńców akcyjnych w pierwszym kadłubie, 12 akcyjnych w drugim kadłubie i 46 reakcyjnych, umieszczonych po 23 w każdym z kadłubów niskoprężnych. Największa średnica podziałowa wirnika wynosi 1200 mm, odpowiadająca jej szybkość obwodowa 188,5 m/sek, zredukowana szybkość obwodowa dla całej turbiny $v = 0,57$. Naciski osiowe, powstające w kadłubach niskoprężnych, wyrównowazają się same. Wirniki wysokoprężny i średnioprężny wytoczone są z bloku, bębny niskoprężne składają się każdy z 2-ch części o połączeniu skurczowym. Regulacja turbiny — trzystopniowa. Turbina pracuje z dwoma skraplaczami o powierzchni chłodzenia po 875 m², posiada dwa napędzane elektrycznie zespoły pomp kondensacyjnych, po jednym dla każdego ze skraplaczy i jedną grupę pomp, napędzaną przez pomocniczą turbinę parową, która biegnie jałowo przy normalnych

obciążeniu; czynne jest zawsze tylko jedno miejsce odbioru pary, zamknięcie drugiego — następuje samoczynnie.

Odbiorczy pomiar cieplny turbiny był wykonany przez prof. Josse'ego w 1926 roku po jej kilkumiesięcznym ruchu. Wyniki pomiaru podane są w tabeli II (p. str. 410).



Rys. 4. Turbina o mocy 16 000 kW wytw. B-ci Stork w Holandji (p. rys. 3).

Przy obciążeniu 16 650 kW, jeden z zaworów regulacyjnych nie był całkowicie podniesiony, zupełne otwarcie zaworów następowało dopiero przy 17 500 kW. Prof. Josse wnioskuje z tego, że sprawność termodynamiczna przy tem całkowitem obciążeniu turbiny byłaby wyższą, wyniosłaby przypuszczalnie 83%.

Turbina fabryki A. E. G., wykonana dla jednej z niemieckich elektrowni okręgowych⁵⁾.

⁴⁾ V. D. I. tom 71. Str. 346.

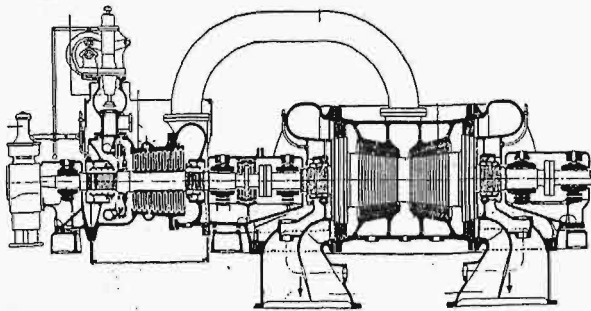
⁵⁾ A. E. G. Mitteilungen, Zeszyt 10. Str. 379.

TABELA II.

	Je- dno- stki	Obciążenia		
		$1/1$	$1/2$	$3/4$
Moc na zaciskach prądnicy	<i>kW</i>	16 650	12 945	8462
Moc na sprzęgle turbiny	<i>kW</i>	17 410	13 580	9015
Sprawność prądnicy przy $\cos \varphi = 1$	%	95,65	95,27	93,96
Prężność abs. pary przed zaworami gł.	<i>kg/cm²</i>	32,8	32,8	32,7
Temperatura pary dolotowej	<i>°C</i>	396	409	398
Prężność w skraplaczu (przeciętna z pomiarów temp. i prężn.)	<i>kg/cm²</i>	0,0445	0,0360	0,0301
Adyabatyczny spadek ciepła	<i>Kal</i>	271,6	281,9	282,5
Teoretyczny rozchód pary	<i>kg/kWh</i>	3,168	3,052	3,045
Całkowity rzeczywisty rozchód pary	<i>kg/h</i>	66 528	50 722	34 258
Jednostkowy rzecz. rozchód pary względem mocy prądnicy	<i>kg/kWh</i>	3,994	3,918	4,048
Jednostkowy rzecz. rozchód pary względem mocy na sprzęgle	<i>kg/kWh</i>	3,820	3,733	3,800
Sprawność termodynam. względem mocy prądnicy	%	79,3	77,9	75,2
Sprawność termodynam. względem mocy na sprzęgle	%	82,90	81,75	80,15

Moc zespołu na zaciskach prądnicy wynosi 14 000 kW przy 3000 obr./min. Fabryka buduje turbiny tego typu dla mocy od 10 000 do 25 000 kW, dla nadprężności dolotowych od 12 do 35 kg/cm², temperatur od 300°—400°C, osiągające według danych fabrycznych jednostkowy rozchód pary od 4,6 do 4,0 kg/kWh.

Turbina jest zbudowana w dwóch kadłubach, wirnik wysokoprężny składa się z 11 wieńców akcyjnych, niskoprężny — dwustrumieniowy z 36 wieńców reakcyjnych. Tarcze wirnika wysokoprężnego są osadzone na wale na stożek, bęben wirnika niskoprężnego składa się z 3-ch części. Wysokoprężny kadłub jest odlany ze stali, niskoprężny z żeliwa. Turbina posiada pięciostopniową regulację, o-



Rys. 5. Przekrój 2-kadłubowej turbiny kondensacyjnej fabry. AEG w Berlinie Moc = 14 000 kW, n = 3 000 obr./min.

statni zawór przepuszcza parę bezpośrednio na drugie albo trzecie koło wirnika, zależnie od wielkości silnika. Na rys. 6, 7 i 8 pokazane są obydwa wirniki turbiny i pokrywa kadłuba niskoprężnego.

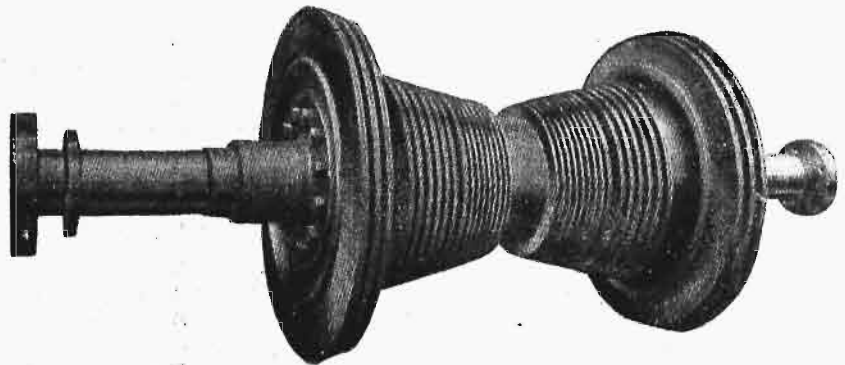
Naciski osiowe wirnika niskoprężnego wyrównawają się same, łożysko oporowe umieszczone jest między kadłubami. Wirniki między sobą złączone są sprzęgłem sztywnym, a z prądnicą — kłowym. Turbina pracuje z dwoma skraplaczami. Turbiny wykonywane są z jednym albo dwoma miejscami odbioru pary, zależnie od prężności, dla podgrzania skroplin służących do zasilania kotłów.



Rys. 6. Wirnik wysokoprężny turbiny z rys. 5.

Jednokadłubowa turbina BBC.⁶⁾

Fabryka buduje turbiny tego typu dla mocy do 10 000 kW przy 3000 obr./min, i dla prężności pary dolotowej do 35 kg/cm². Od jednostek tej mocy, budowanych przez BBC poprzednio, turbina ta różni się dwustopniowym kołem Curtisa, dla którego przy nowym systemie łopatek została użyta skana zadawalniająca sprawność (74% i wyżej). Sprawność termodynamiczna turbiny, liczona względem mocy na sprzęgle, dochodzi, według danych fabrycznych, do 80%.



Rys. 7. Wirnik niskoprężny turbiny z rys. 5.

Czołowa turbina BBC, wykonana dla centrali okręgowej w Langerbrugge w Belgii⁷⁾.

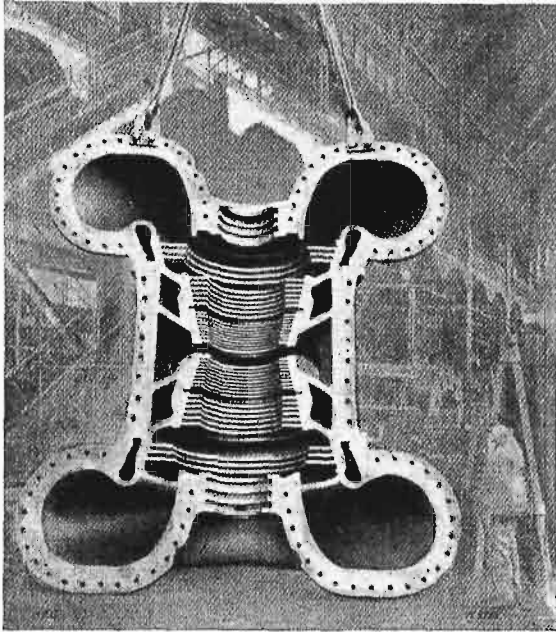
Z turbin wysokoprężnych, dotychczas najbardziej rozpowszechniła się turbina czołowa, która w prosty i korzystny sposób rozwiązuje zagadnienie zmodernizowania istniejącej instalacji parowej, połączonego z powiększeniem mocy. Pokazana na rysunkach turbina została zainstalowana w centrali, posiadającej kilka turbin mocy 6000 kW, zbudowanych dla nadprężności 20 kg/cm².

Moc turbiny wynosi 1675 kW, przy 8000 obr./min, z przekładnią zębatą dla prądnicy do 1500 obr./min. Turbina zużywa 36 000 kg/h pary o prężności dolotowej 50 kg/cm², temperaturze 440°C, przy przeciwpężności 21 kg/cm². Wielkość turbiny została tak dobrana, żeby jej para odlotowa pokrywała rozchód jednej z istniejących turbin niskoprężnych.

⁶⁾ V. D. I. tom 70. Str. 716.

⁷⁾ V. D. I. tom 70. Str. 711.

Konstrukcja turbiny została przystosowana do wysokiej prężności i temperatury. Obydwa wirniki osadzone są na zwisających końcach ząbionych wałków napędowych przekładni; kadłuby,



Rys. 8. Górna część kadłuba części niskoprężnej turbiny z rys. 5.

również na zwisie, umocowane są na osłonie przekładni. Zaletą takiego układu jest uniknięcie dławnicy po stronie wysokoprężnej i nieskrępowane rozszerzanie się kadłubów i wirników. Każdy wirnik składa się z 2 kół akcyjnych o średnicy podziałowej 372 mm. Naciski osiowe zostają podjęte częściowo przez śrubowe ząbienie przekładni, częściowo zaś przez kulkowe łożyska oporowe, osadzone na wałkach po stronie prądnicy. Dławnica niskoprężna jest doszczelniana cyrkulującą pod ciśnieniem wodą, która jednocześnie zabezpiecza pierwsze łożysko wałka od działania wysokiej temperatury. Rury parowe tuż przy kadłubie są rozgałęzione na pęczek elastycznych rur małej średnicy. Regulacja turbiny — jakościowa, zawór jest pod działaniem oliwnego silnika pomocniczego zwykłej konstrukcji BBC. Regulator i pompy oliwne są napędzane od wałków przekładni zębatej, przeznaczone do tego ząbienie śrubowe, widoczne na rys. 9, wykonane jest za pierwszym łożyskiem.

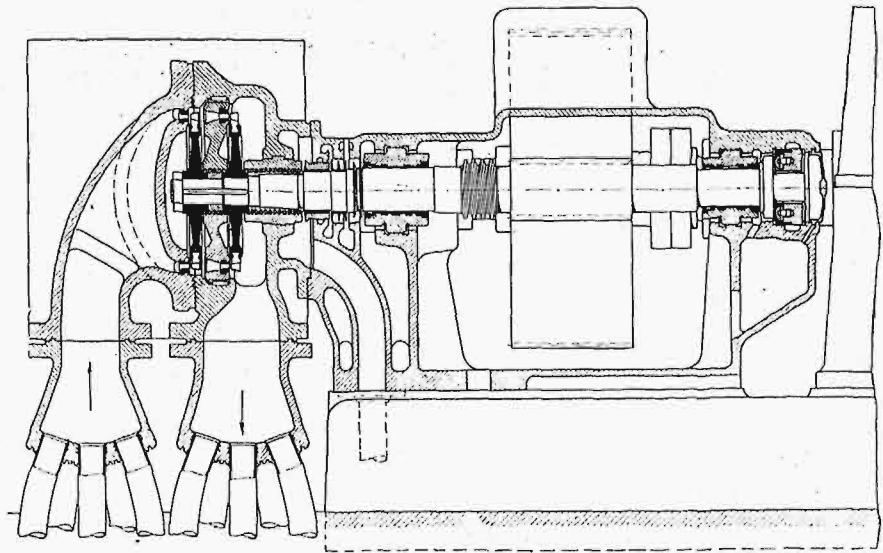
Dla wyprobowania odporności układu na działanie wysokich temperatur pary, jak podaje inż. Noack, turbina podczas prób była przez pewien czas zasilana parą o temperaturze 570°C, bez żadnej dla niej szkody.

W centrali Langerbrugge omówiona turbina czołowa została zmontowana jako silnik zupełnie samodzielny, to znaczy, że jej regulacja jest zupełnie niezależną od regulacji turbin niskoprężnych, a para odlotowa uchodzi do niskoprężnego rurociągu parowego, zasilanego jednocześnie przez baterję kotłów niskoprężnych, skąd jest pobierana dla turbin niskoprężnych. Dla centrali o zmiennym obciążeniu, które przez dłuższy okres czasu bywa mniejsze od sumy mocy turbiny czołowej i jednej turbiny niskoprężnej, korzystniejsze pod względem energetycznym jest sprzężenie obydwu silników. Przy tym ostatnim układzie, para odlotowa turbiny czołowej przechodzi bezpośrednio do niskoprężnej, która musi mieć wówczas zawory regulacyjne nastawione na zupełne otwarcie, aż do ilości obrotów, stanowiącej górną granicę nierównomierności biegu turbiny czołowej. Dużą natomiast zaletą pierwszego układu jest niezależność obydwu silników, która daje możliwość nieprzerwanej pracy turbiny niskoprężnej nawet w wypadku konieczności zatrzymania wysokoprężnej.

W centrali Langerbrugge woda zasilająca kotły jest podgrzewana do 196°C, do czego zostaje zużyta para z dławnic, para odlotowa z turbin pomocniczych do napędu pomp i para odlotowa z turbiny wysokoprężnej (dla ostatniego podgrzewacza).

Wysokoprężna turbina fabryki Escher Wyss⁸⁾ wykonana dla zakładów Siemens-Schuckert.

Turbina ta jest jeszcze w budowie, ma być uruchomiona w lecie r. b. Moc turbiny 3000 kW przy 6000 obr./min. Prężność pary dolotowej 180 at, temperatura 420°C. W pierwszym kadłubie para będzie rozprężana do 36 at, w drugim — do



Rys. 9. Przekrój turbiny czołowej (Brown, Boveri i S-ka).

przeciwprężności 6,5 at. Przewidywany rozchód pary 30 000 kg/h, przewidywana sprawność termodynamiczna — około 70%.

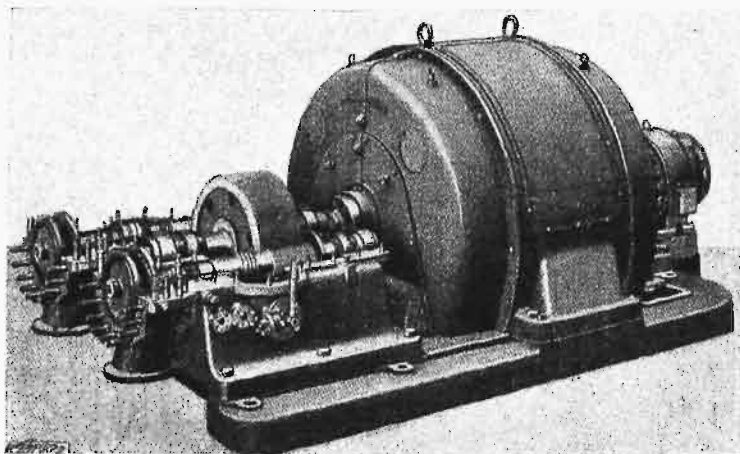
Wysokoprężna czterokadłubowa turbina⁸⁾ wykonana dla kopalni węgla „Witkowiec”.

Moc zespołu wynosi 18 000 kW przy 3 000 obr./min. Prężność pary dolotowej 120 at, tempe-

⁸⁾ V. D. I., tom 71, Str. 447. Prof. Löffler.

ratura 490°C ; turbina pracuje z kondensacją. Instalacja jeszcze nie jest całkowicie wykonana, obecnie uruchomiona jest część niskoprężna, oznaczo-

320^o, przeciwprężność 3,2 at abs. Rozchód pary 123 t. Wielkość turbin została obrana według zapotrzebowania pary grzejącej, moc jej przewyższa własne potrzeby kopalni o 3000 kW, które są odprzedawane centrali okręgowej.

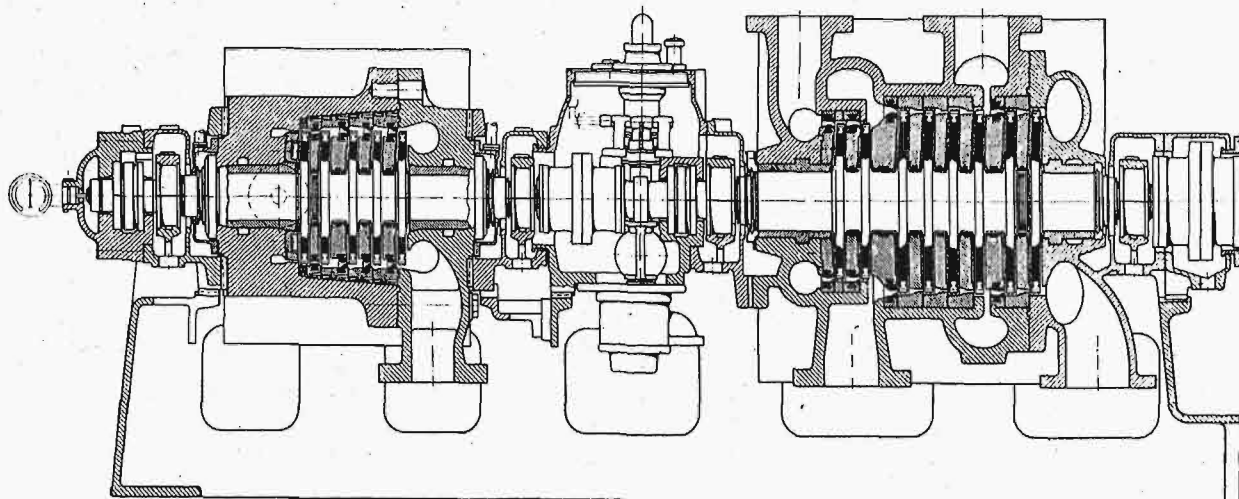


Rys. 10. Widok turbiny czolowej (rys. 9) i przekładni zębatej po zdjęciu osłony.

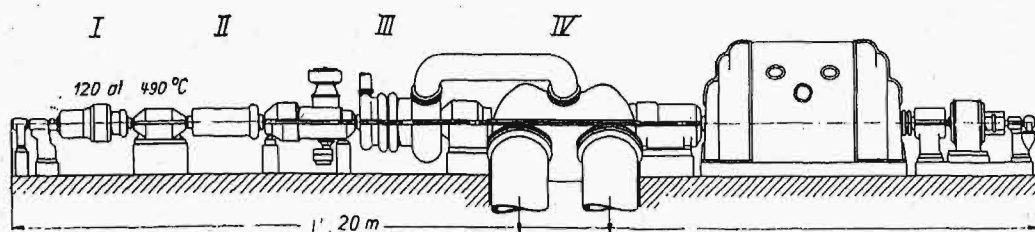
na na schemacie znakami III i IV, zasilana parą o nadprężności 15 at. Wirnik wysokoprężny, podany na rys. 13, daje miarę tego, jak duża będzie ilość stopni rozprężania w turbinie.

Wirnik turbiny składa się z dwóch wieńców akcyjnych i 16 wieńców reakcyjnych. Tarcze osadzone są na tulejach stożkowych, bęben jest wytoczony z bloku razem z wałem. Średnica podziałowa wieńca akcyjnego 1100 mm, największa średnica wieńca reakcyjnego 800 mm. Nacisk osiowy podejmuje kulkowe łożysko storcowe, umieszczone od strony wysokoprężnej. Turbina jest połączona z prądnicą sprzęgłem sztywnym. Regulacja turbiny pięciostopniowa syst. A. E. G., ostatni zawór przy przeciążeniu przepuszcza parę bezpośrednio na pierwszy wieńiec reakcyjny. Dławnica wysokoprężna jest z doszczelnieniem wodnym; dwa przekroje tej dławnicy podane są na rys. 16.

Literą *a* oznaczone jest uszczelnienie labiryntowe, *b* — doszczelnienie wodne, *c* — osłona dławnicy, *d* — wał turbiny; strzałki wskazują kierunek obrotu turbiny. Doszczelnienie zostaje osiągnięte



Rys. 11. Turbina Escher Wyss & Cie.

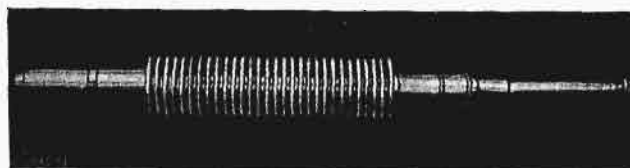


Rys. 12. 4-kadłubowa turbina I-szej Brneńskiej Fabr. Maszyn dla kopalni Witkowiec.

Turbina przeciwprężna wytwórni A.E.G., wykonana dla kopalni węgla brunatnego i wytwórni brykietów „Eintracht” w Werminghofie (rys. 14—16)⁹⁾.

Moc turbiny 10 000 kW przy 3000 obr./min. Prężność pary dolotowej 18 at abs., temperatura

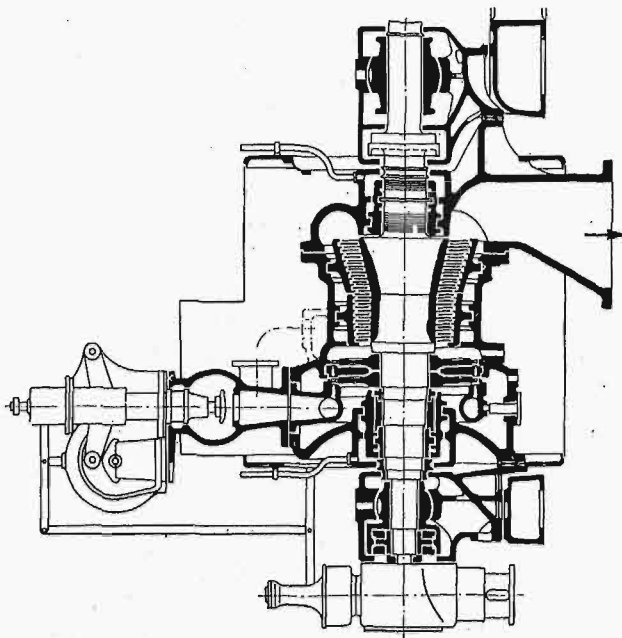
dzięki prężności, która zostaje nadana wodzie przez ruch wieńca, osadzonego w tym celu na wale turbiny.



Rys. 13. Wirnik wysokoprężny turbiny z 12 rys.

⁹⁾ A. E. G. Mitteilungen, 1926, zesz. 8, str. 275

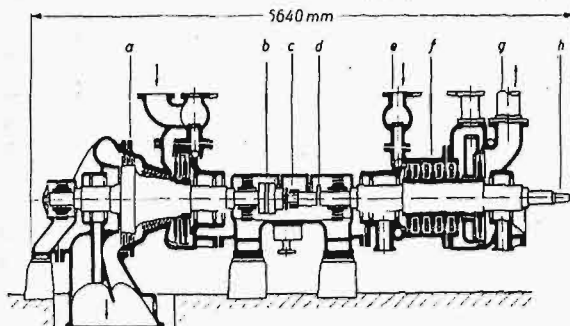
Turbina A. E. G. z dwukrotnym pobieraniem pary¹⁰⁾ zbudowana dla papierni w Gratwein pod Wiedniem.



Rys. 14. Schemat turbiny przeciwnośredniej AEG o mocy 10 000 kW.

Turbina jest zbudowana dla pary o nadciśnieniu 30 at i o temperaturze 375° C, robi 5 300 obr./min, zredukowanych dla prądnicy do 3 000 obr./min. Turbina pracuje ze skraplaczem i z dwukrotnym pobieraniem pary, o ciśnieniu 8,5 at abs i 5 at, odgałęzionem odpowiednio za częścią wysoko i średniośrednią (1 wieńca), jak to widać ze schematu na rys. 17. Węgiel gwarancji, przy całkowitem rozchodzie pary 20 000 kg/h i pobraniu z obydwóch odgałęzień po 8 000 kg/h, moc zespołu wynosi 2 150 kW, przy całkowitym zaś rozchodzie pary 24 000 kg/h i pobraniu po 12 000 kg/h z każdego odgałęzienia, moc wysoko i średniośrednich części

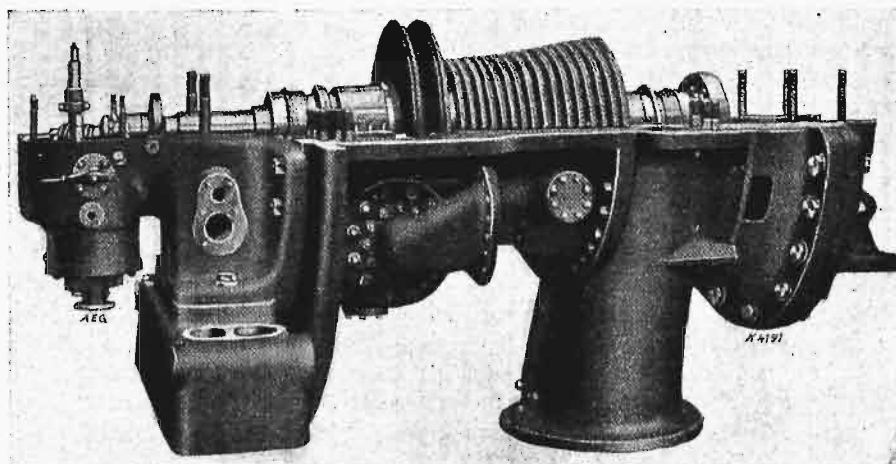
nia i temperatury pary, pobieranej z obydwóch odgałęzień, przy wahanich ilości dla każdego z miejsc odbioru w granicach od 12 000 kg/h. Dla zadośćuczynienia temu ostatniemu warunkowi, obydwie rurociągi niskociśnienne (8,5 at i 5 at) zostały połączone z rurociągiem wysokociśninnym za pośrednictwem zaworów redukcyjnych maksymal-



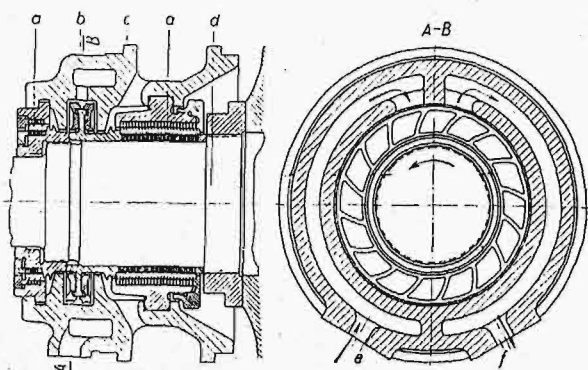
Rys. 17. Schemat turbiny AEG z 2-krotn. odbiorem pary.

nych i minimalnych, sterowanych samoczynnie; ponadto do instalacji został dodany akumulator Ruths'a, również samoczynnie włączany w chwilach raptownego przeciążenia.

Wirnik turbiny składa się w części wysokociśniennej z 5 wieńców akcyjnych, w części średniośredniej z 1 wieńca akcyjnego, w części niskociśniennej z 2 wieńców akcyjnych i 11 reakcyjnych. Umieszczony jest w dwóch kadłubach. Obydwie



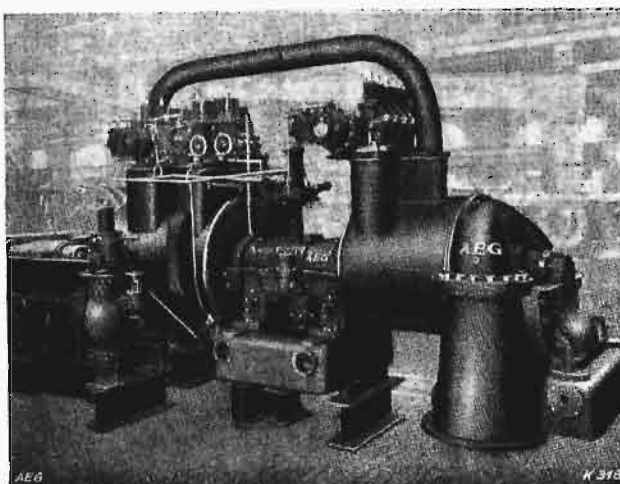
Rys. 15. Widok turbiny przeciwnośredniej AEG z podniesioną osłoną.



Rys. 16. Dławnica wysokociśniennej turbiny AEG z rys. 14.

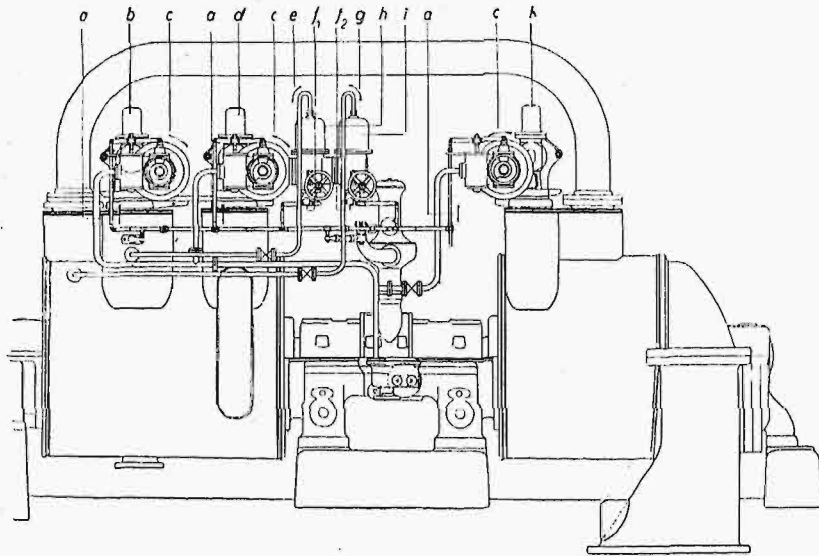
wynosi — 1 750 kW. Umowa przewiduje ponadto bardzo nieznaczne tolerancje dla odchyleń ciśnienie-

¹⁰⁾ A.E.G. Mitteilungen, 1926, zes. 8.



Rys. 18. Widok turbiny AEG (rys. 17) z mechanizmem regulacyjnym.

części wirnika są wytoczone z bloków, największa średnica podziałowa wieńca wynosi 850 mm, odpowiadająca jej prędkość obwodowa 236 m/sek. Wy-



Rys. 19 Mechanizmy regulacyjne turbiny z rys. 17 i 18.

- | | |
|---|--|
| a — kierunek zamykania zaworów, | g — połączenie z rurociągiem niskopiętnym 5 at, |
| b — zawory części średniopiętnej, | h — mechanizm przeponowy do regulacji odbioru pary 8,5 at, |
| c — kierunek otwierania zaworów, | g — takiż mechanizm do odbioru pary 5 at, |
| d — zawory części wysokopiętnej, | k — zawory części niskopiętnej, |
| e — połączenie z rurociągiem niskopiętnym 8,5 at, | |
| f ₁ — pierwsze pokrętko, | |
| f ₂ — drugie pokrętko, | |

sokopiętna część wirnika jest połączona z niskopiętną zapomocą sprzęgła sztywnego, łożysko oporowe jest umieszczone w stojaku między obydwoimi kadłubami, stanowiącym nieruchomy punkt całego układu, od którego przy rozszerzaniu cieplnym kadłub wysokopiętny i niskopiętny, wraz z przekładnią, odsuwają się w kierunkach przeciwnych. Regulator i pompa oliwna umieszczone są w stojaku między kadłubami.

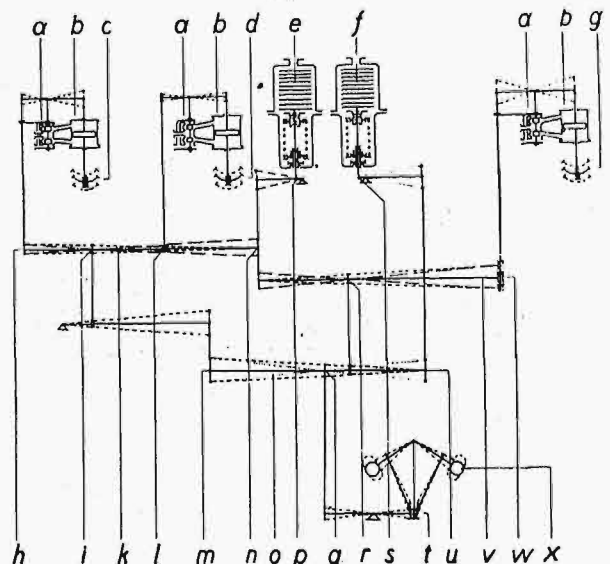
Mechanizm regulujący turbiny składa się: z 3 grup zaworów przepustowych, po 5 w każdej, syst. A. E. G., z obrotowymi oliwnymi serwo-motorami, regulującymi dopływ pary odpowiednio do wysoko, średnio i niskopiętnej części turbin, 2 dławików przeponowych mających za zadanie utrzymanie stałej prędkości w miejscach pierwszego i drugiego pobrania pary, i wreszcie regulatora osiowego, zwykłej konstrukcji A. E. G. W odróżnieniu od normalnego układu regulacji turbin z odbiorem pary, w którym regulator działa tylko na zawory dopływowe części wysokopiętnej, a dławik przeponowy na zawory przepustowe za odgałęzieniem pary — turbina pokazana na rys. 19 jest zaopatrzona w system dźwignien, który sprawia, że przesunięcia regulatora czy któregośkolwiek z mechanizmów przeponowych, przy ich wyłączeniu z równowagi, zostają wyzyskane dla odpowiedniego przesunięcia serwo-motorów wszystkich 3 grup wentyli regulacyjnych. Celem takiej regulacji jest szybkie osiągnięcie stanu równowagi, odpowiadającego zmiennym warunkom. Przy regulacji niezależnej (system pierwszy) turbina wytrącona z równowagi przez zmianę mocy, czy też pobieranej ilości pary, osiąga ją ponownie dopiero po kilku nawzajem wywołujących się przeregulowaniach obydwóch niezależnych systemów regulatora i dławika. Przy regulacji skojarzonej

łatwo jest sobie wyobrazić, że zawory regulacyjne, związane z regulatorem osiowym i dławikami, przy idealnym skoordynowaniu całego układu, przywracałyby turbinie utraconą przez nią, przez zmianę zewnętrznych warunków równowagę, bez oscylacji. Dla papierni takie działanie regulacji jest specjalnie pożądane, gdyż przeregulowania pociągają za sobą wahanie ilości obrotów turbiny, odbijające się szkodliwie na pracy maszyn papierniczych.

Schematy regulacji turbiny podane są na rys. 19 i 20. Dławiki parowe zapomocą pokręteł f₁ i f₂ można wyłączać, w następstwie czego zawory regulacyjne części średniopiętnej, względnie niskopiętnej zostają całkowicie wyłączone.

W zależności od nastawienia mechanizmów przeponowych f₁ i f₂, turbina pracuje:

1. przy f₁ i f₂ zamkniętych — jako zwykła turbina kondensacyjna,
2. przy f₁ otwartym, f₂ zamkniętym — jako turbina z kondensacją i odbiorem pary 8,5 at,
3. przy f₁ zamkniętym, f₂ otwartym — turbina z kondensacją i odbiorem pary 5 at,
4. przy f₁ i f₂ otwartych — turbina z kondensacją i 2-ma odgałęzieniami pary,
5. przy f₁ i f₂ otwartych, regulator jest wyłączony — turbina może pracować jedynie przy synchronicznym włączeniu z siecią trójfazową

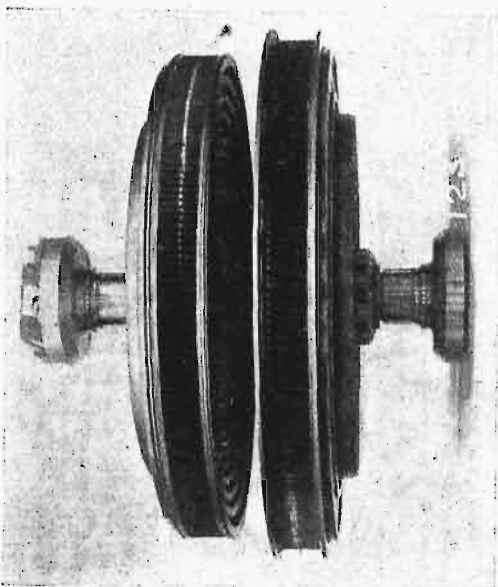


Rys. 20. Schemat regulacji turbiny (AEG) z dwukrotnym odbiorem pary.

- | |
|--|
| a — suwak silnika pomocn., |
| b — silnik pomocniczy (serwomotor), |
| c — zawory części średniopiętnej, |
| d — zawory części wysokopiętnej, |
| e — mechanizm przeponowy do regulacji odbioru pary 8,5 at, |
| f — mechanizm przeponowy do regulacji odbioru pary 5 at, |
| g — zawory części niskopiętnej, |
| h, i, l, m, n, p, q, r, s, u, w — punkty obrotu, |
| k, o, v dźwignie, |
| t — tuleja regulatora, |
| x — regulator, |

wą, część niskoprężna jest wtenczas nieczynna, moc zespołu jest zależna wyłącznie od odbieranych ilości pary, ustalają ją zatem dławiki przeponowe.

Dla wyjaśnienia działania regulacji, podajemy jej przebieg dla normalnych warunków pracy turbiny, t. zn. dla wypadku, oznaczonego liczbą 4.



Rys. 21. Wirniki (roboczy i kierowniczy) turbiny promieniowej Ljungströma (rozsunięte).

a. Zapotrzebowanie pary grzejnej w obydwóch miejscach odbioru jest stałe, zapotrzebowanie mocy wzrasta. Tuleja regulatora spada, punkty u i n na schemacie 20, zależne od mechanizmów przeponowych, nie zmieniają swego położenia, dźwign

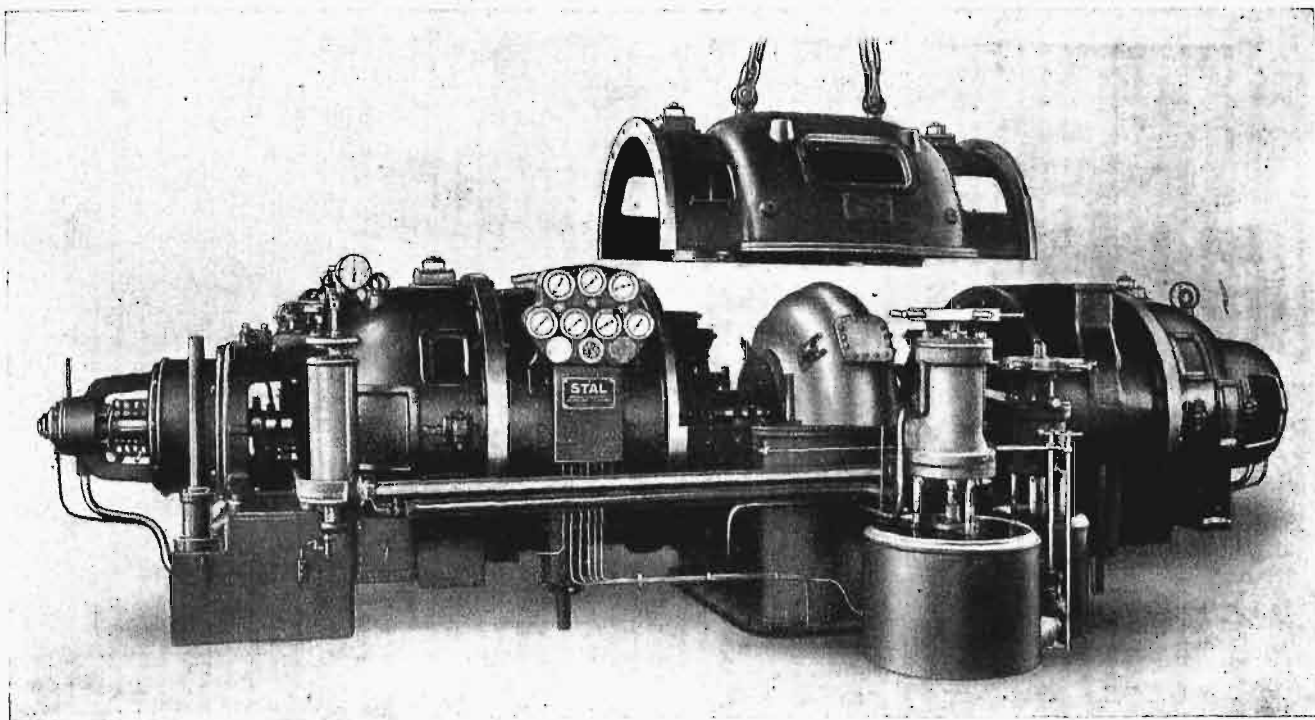
b. Zapotrzebowanie mocy i zapotrzebowanie pary o prężności 5 at są stałe, odbiór pary o prężności 8,5 at wzrasta. Tuleja regulatora t oraz punkt u są nieruchome, z czego wynika, że jednocześnie punkty q , m , i oraz r są również unieruchomione. Punkt p zostaje przez dławik przesunięty do góry, nadając dźwigni obrót względem punktu stałego i punktów nieruchomych, czego następstwem jest zwiększenie otwarcia zaworów regulacyjnych i średnioprężnych i jednocześnie przysłonięcie zaworów niskoprężnych.

c. Zapotrzebowanie mocy i zapotrzebowanie pary o prężności 8,5 at są stałe, odbiór pary o prężności 5 at wzrasta. Tuleja regulatora t oraz punkt p , zatem i n , są nieruchome, obrót dźwigni, spowodowany przesunięciem punktu s (dławika) w górę, doprowadza do przymknięcia zaworów niskoprężnych i zwiększenia otwarcia zaworów wysoko- i średnioprężnych.

Turbina z przeciwpężnością, zbudowana przez fabrykę „Stal” dla S. A. d'Exploitations Minières Pechelbronn w Alzacji.

Turbina syst. Ljungström o promieniowym przepływie pary. Moc 1500/2000 kW przy 3000 obr./ min , nadprężność pary dolotowej 19 at abs. temperatura 320° C, przeciwpężność 4 at abs. Maksymalna zdolność przepustowa turbiny 25 000 kg/h pary. Wirniki turbiny pokazane są na rys. 21.

Wirniki i sprzężone z nimi prądnice biegną w przeciwnych kierunkach, mechanicznie obydwa te systemy niczem nie są związane, jednakże ich liczby obrotów są zawsze jednakowe, dzięki elektrycznemu sprzęgnięciu prądnic. Turbina posiada



Rys. 22. Turbina przeciwpężna Ljungströma o mocy 2100 kW . Widok ogólny przy zdjętej osłonie zewnętrznej.

nie, wprowadzone w ruch przez regulator, obracają się w przegubach względem punktu stałego i nieruchomych u i n . Nastęstwem ruchu dźwigni jest, jak to łatwo sprawdzić na schemacie 20, otwarcie zaworów regulujących we wszystkich 3-ch grupach.

regulację jakościową, przy przeciążeniu dodatkowo zawór przepuszcza parę na jeden z dalszych od turbiny wieńców. Dla otrzymania stałej przeciwpężności, turbina posiada specjalny regulator konstrukcji firmy Stal.

Wyrób turbin parowych.¹⁾

Napisał Inż. E. T. Geisler, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Trudność ustalenia danych, dotyczących istotnego zapotrzebowania turbin parowych w kraju, była przyczyną przeprowadzenia całego obliczenia poniższego na podstawie liczb przypuszczalnych, dostarczonych przez p. prof. W. Borowicza. Wyprowadzona została waga przeciętnej jednostki fabrykacyjnej 11,2 t (turbina bez kondensacji) — w założeniu, że na 1 turbinę największą przypada 3 mniejsze, 5 jeszcze mniejszych i t. p. Celem nadania produkcji pewnej harmonijności, projektuje się obok budowy pojedynczych dużych turbin jeszcze fabrykację w mniejszych serjach turbin małych.

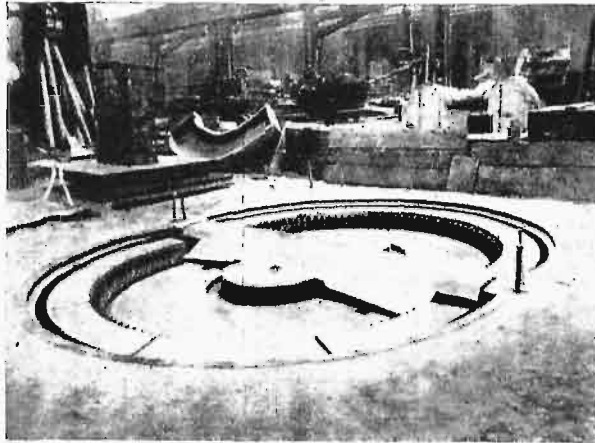
Poniżej podany jest w najogólniejszych zarysach projekt fabryki, która by wyrabiała rocznie: 10 turbin normalnych o wadze przeciętnej po 11,2 t, — razem 112 t oraz 100 turbin serjowych małych, o wadze ogólnej 42 t. Do tego doszłaby jeszcze waga części kondensacji — około 20% wagi turbin tak, że ogólna waga wynosiłaby około 185 t rocznie.

Zauważyć należy, że przy wyrobie turbin parowych mamy do czynienia z dwoma różnymi rodzajami obróbki: 1) jednostkową lub w mniejszych szeregach, (osłony, płyty fundamentowe, wirniki, łożyska i t. p.) — oraz 2) w dużych szeregach,

Obróbka części turbin parowych może być uskuteczniiona na obrabiarkach typowych, stosowanych ogólnie. Szereg zamieszczonych w tekście rysunków ilustruje niektóre metody i typowe obrabiarki, stosowane przy wytwarzaniu turbin.

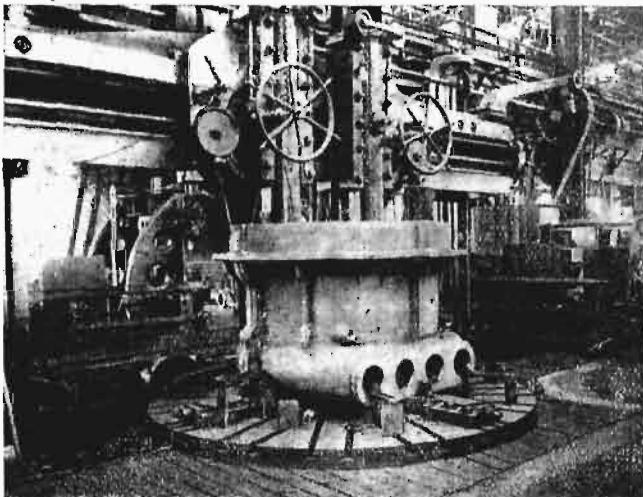
Na rys. 1 pokazane jest formowanie tarczy kierowniczej. Stanowi to trudną robotę, gdyż w obrzeżu tarczy mają być zalane. końce łopatek kierowniczych, ustawienie ich zatem w formie wymaga b. dużej dokładności. Rys. 2 przedstawia obróbkę osłony turbiny wysokoprężnej na karuzelówce. Niejednokrotnie jednak obróbka może być dokonywana bez pomocy maszyn specjalnych. Jak sobie można radzić w braku odpowiednio dużych obrabiarek, pokazuje rys. 3, obrazujący obróbkę osłony niskoprężnej, uskutecznianą na bardzo prymitywnie urządzonej wytaczarce. Rys. 4 przedstawia obróbkę tarczy wirnika na tokarce tarczowej. Wprost

również sposób można wykonać wyważanie wirnika (rys. 5) na zwykłej tokarce kłowej. Frezowanie kształtowe części dysz wykonywa się na frezarkach szablonowych. Frezowanie wreszcie części składowych dysz i łopatek wirnika obrazują rys. 7 i 8. Z podanych wyżej przykładów można zauważyć, że ob-

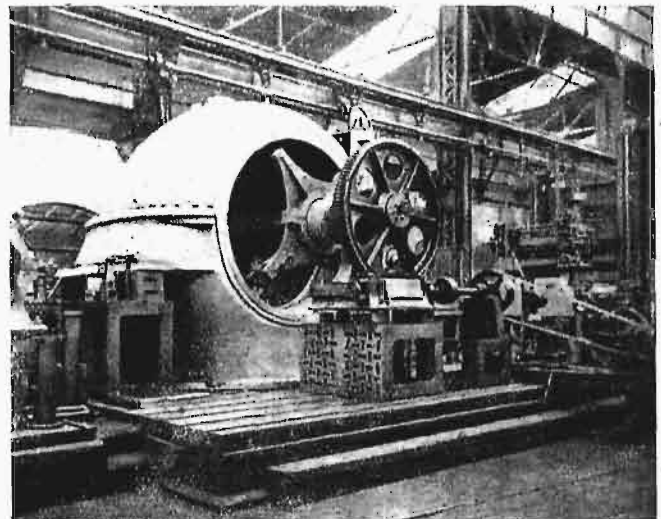


Rys. 1.

Formowanie tarczy kierowniczej (z zalaniem łopatkami).



Rys. 2. Obróbka kadłuba turbiny wysokoprężnej na karuzelówce.



Rys. 3. Obróbka kadłuba turbiny niskoprężnej na wytaczarce.

względnie nawet masową (łopatki). Stąd, równoległe do wielkich obrabiarek, do pierwszego rodzaju fabrykacji, potrzebny jest szereg drobnych obrabiarek do produkcji masowej.

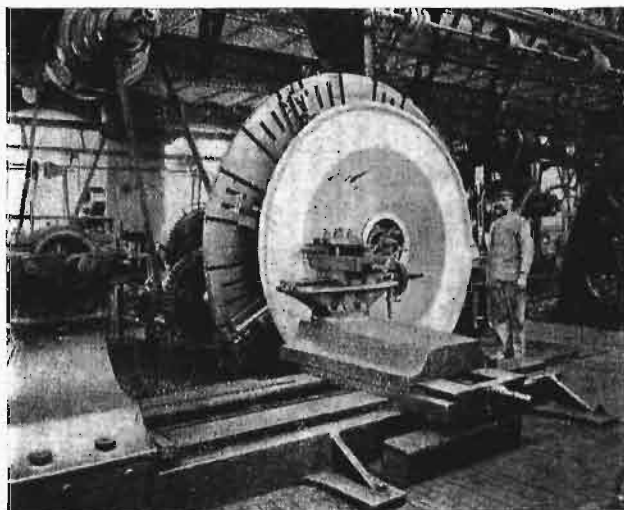
Obróbka części turbin parowych nie wymaga żadnych nadzwyczajnych urządzeń i jest tegoż typu, jak obróbka, stosowana przy wyrobie najrozmaitszych części innych maszyn.

¹⁾ Referat wygłoszony na konferencji turbinowej S. I. M. P. (streszczony).

TABELA I.

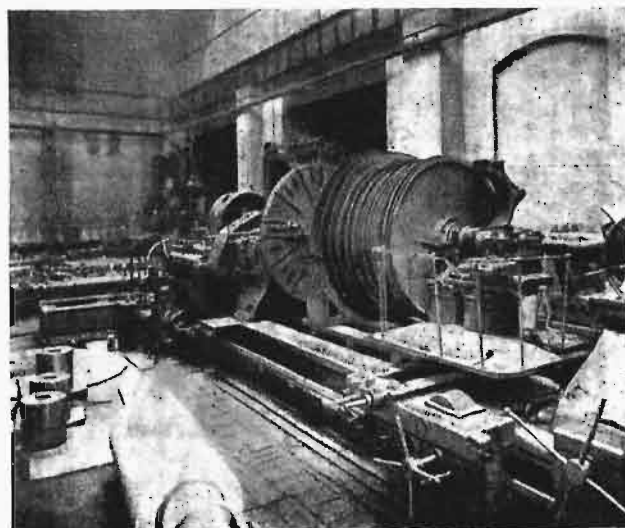
Zestawienie urządzeń fabryki turbin par. o prod. do 200 ^t r.											
	Małe turb. godz dla 1 ^t	Norm. t. dla 50 ^t	Małe t. dla 135 ^t	Norm. t. dla 135 ^t	Suma godz.	Spółcz. zatrudn.	Ilość obrab.	Pow. w m ² .	Waga 1.szł.	Max. mo- cy w KM	Uwagi
Strugarka wzdł. do 6m x 2m	70	40	350	540	890	05	1	575	25 ^t	50	
Strugarki " małe i poprz.	140	30	700	405	1105	056	1	3	15 ^t	5	
Strugarki pionowe	30	10	150	135	285	018					
Tok. tarcz. i karuz. > 1m φ	—	70	—	950	950	053	1	12	125 ^t	15	
Tok. pociąg. > 250mm wz. kł.	106	650	5300	8800	14100	8	8	60	50 ^t	62	
Tok. poc. norm. i rewolw.	820	250	4100	3400	7500	41	4	10	9 ^t	15	
Przecinarki	10	05	50	68	118	007					
Gwinciarki	33	12	165	162	327	013					
Wiertarko-frezarki duże	180	400	900	5400	6300	35	4	70	115 ^t	33	
Wiertarko-frezarki małe	960	250	4800	3400	8200	45	4	22	14 ^t	15	
Wiertarki zwykłe	143	78	720	1050	1770	098	1	75	9 ^t	10	
Frezarki małe poz. i pion.	960	340	4800	4600	9400	52	6	20	17 ^t	32	
Frezarki do kół zęb.	100	40	500	540	1040	056	1	4	46 ^t	4	
Szlifierki	76	22	380	300	680	038	1	14	26 ^t	25	
Obrabiarki w narzędziarni							3		64 ^t		
<i>Razem</i>	4582	2197	godzin.				35	280	290	266	
Kowale	20	8	1000	1080	2080	12	1				Tylko drobne cz.
Znakowanie	18	7	900	950	1850	1	1				
Ślusarze	400	160	20000	21500	41500						
Malarze	23	9	1150		2000						

W tablicy I, w pierwszej kolumnie przytoczone są typowe obrabiarki, które mogą być stosowane przy obróbce części turbin parowych. Wielkość ich jest dostosowana do największych wymiarów turbin, podanych w powyższym referacie prof. Borowicza.



Rys. 4.

Obróbka tarczy wirnika na tokarce tarczowej.



Rys. 5.

Wyważanie wirnika na tokarce kłowej.

W kolumnie 2-iej i 3-ciej podane są przypuszczalne przybliżone liczby godzin pracy różnych obrabiarek przy wykonywaniu 1 t turbin małych oraz 1 t turbin normalnych.

Kolumny 4 i 5 podają liczby godzin dla ilości wyrobów wziętych za podstawę niniejszego obliczenia (50 t turbin małych i 135 t turbin normal-

nych rocznie), zaś kolumna 6 — sumę godzin zajęcia poszczególnych działów i maszyn.

Przypuszczając, iż po obliczeniu przestoju z powodu remontów i innych, obrabiarki pracują przeciętnie po 150 godz. mies., t. j. 1800 godzin ro-

cznie, otrzymamy, dzieląc liczby kolumny poprzedniej przez 1800 — współczynnik zatrudnienia (wyzyskania) maszyn, z którego wynika liczba maszyn, potrzebna dla danej produkcji.

Z katalogów i ofert fabryk obrabiarek ustalone zostały w 3-ch dalszych kolumnach liczby m² netto, zajmowanych przez obrabiarki potrzebnej

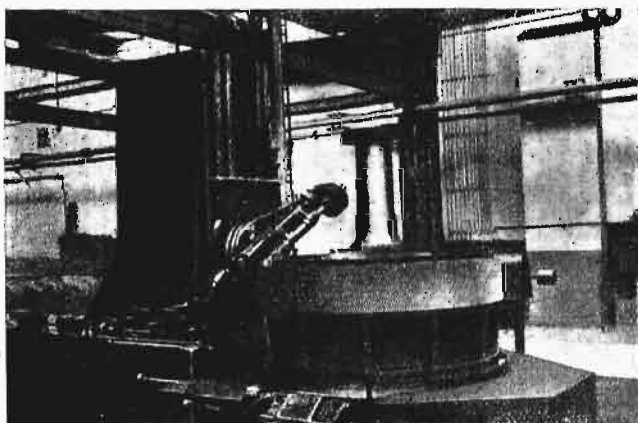
T A B E L A II.

Zestawienie oddziałów fabryki turbin par. o prod. do 200 ^t r.											
Oddziały	Pow. w m ²	Objęł. w m ³	Ilość obrab.	Silniki elektr.		Skład osobowy					Uwagi
				Ilość	Moc	Majster	Kontr.pis	Rzemieł	Uczeń	Pomoc	
Modelarnia i obr. drz.	120	600	3	1	8			5	1	—	
Skład modeli	360	4440	—	—	—		1			2	
Odlewnia	300	3000	6	4	30	1	1	15	3	3	Własny żeliw. nie opłac.
Kuźnia	50	300	2	1	5			1		1	Bez grubszych części
Znakowanie	25							1			
Obrabiarki [netto]	280		35	18	200	1	3	30	5	6	Z włączeniem dźwig.
Przejścia i skład p.ob.	200	10250									
Kantorki, składy, narz.	100										
Ślusarze	250					1	4	25	5	3	
Malarze i eksped.	50							1		1	
<i>Razem</i>	<i>1735</i>	<i>15590</i>	<i>46</i>	<i>24</i>	<i>243</i>	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>78</i>	<i>14</i>	<i>16</i>	<i>Roboty kolarskie [kon-</i>
								<i>120</i>			<i>densacja] nie uwzględn.</i>

Zestawienie kosztów fabryki turbin par. [bez placu] o prod. do 200 ^t r.	
Koszta obrabiarek około 300 ^t po 1885 zł.zł. 1 ^t .	560 000 zł.zł.
Silniki, pędnie, przyrządy, narzędzia i t.p.	170 000 " "
Montaż, instalacje	60 000 " "
Budynki bez placu około 16000 m po 18 zł.zł.	288 000 " "
<i>Razem</i>	<i>1 078 000 zł.zł.</i>

wielkości, następnie ich wagi w *t*, wreszcie zużycie energii w KM.

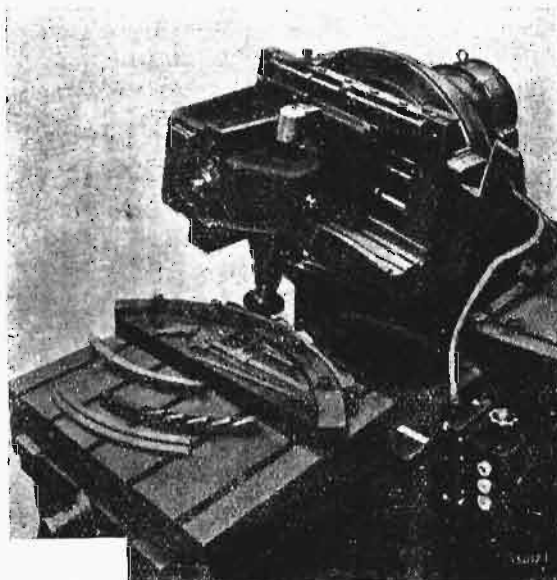
Tabela omawiana wskazuje, iż wobec przyjętej produkcji szereg wielkich, a zatem kosztownych w sprawieniu, a tembardziej w eksploataowaniu, maszyn byłby niewyzyskany. Np. potrzebna byłaby duża strugarka wzdłużna o wymiarach 2 m × 2 m × 6 m, wagi ok. 25 t, która pracowałaby mniej, niż w ciągu 1/2 roku. To samo z wielką to-



Rys. 6.
Frezowanie kół zębanych.

ników elektr., mocy zużywanej, ilości pracowników.

Bliższe rozejrzenie się w tej tablicy wskazuje, że np. odlewnia na 200 t odlewu rocznie byłaby b.



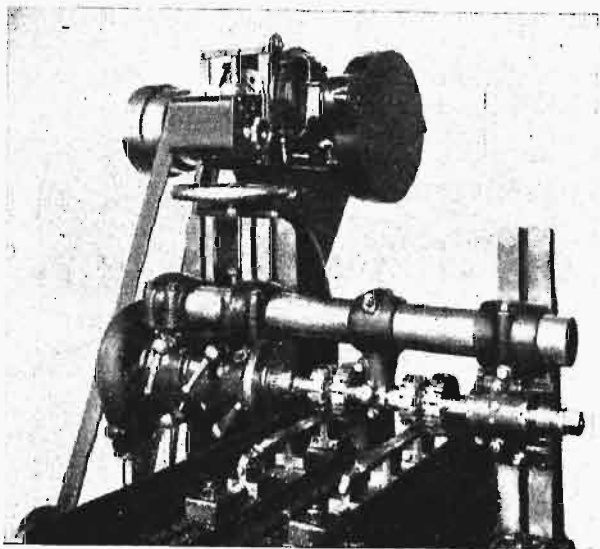
Rys. 7.
Frezowanie części składowych dysz.

karką tarczową, wzgl. karuzelówką, z frezarką do kół zębanych, z ogromną szlifierką i t. p.

W następnej tablicy (III) widzimy zestawienie poszczególnych oddziałów co do potrzebnej powierzchni, objętości budynków, ilości maszyn, sil-

mała (zaledwie 300 m² powierzchni ogólnej), wymagając jednocześnie potężnych dźwigów i dużych wymiarów żeliwiaka.

Z tego wynika, iż fabryka, obliczona na produkcję do 200 t turbin rocznie, nie mogłaby istnieć



Rys. 8.
Frezowanie łopatek wirników.

jako jednostka samodzielna. Wskazane raczej byłoby, żeby budowę turbin parowych w Polsce podjęła fabryka, posiadająca odlewnię o mocnych dźwigach, wielkie strugarki, tokarki pociągowe typu „wielkich” (jedną z nich nie mniejszą niż $600\text{ mm} \times 5000\text{ mm}$) oraz duże wytaczarki. Powstanie takiej fabryki jako „oddziału” istniejącej byłoby tem więcej wskazane, że produkcja 200 t rocznie rozwinęłaby się nie odrazu.

Wytwórnia turbin parowych (bez kosztu placu, instalacji kotłowej, bez kotłarni i bez kucia wielkich części) kosztowałaby — jak wskazuje zestawienie końcowe — przeszło 1 milion zł. w złocie, t. j. z uwzględnieniem możliwej omyłki, spowodowanej ryczałtowością obliczenia, od 1,5 do 2 milionów złotych obiegowych.

Koszt instalacji byłby znakomicie zmniejszony, gdyby wyzyskano istniejące już, lecz nie dość wyzyskane budynki, odlewnie i wielkie obrabiarki jakiegokolwiek fabryki krajowej.

Zapotrzebowanie na turbiny parowe na polskim rynku elektrotechnicznym.

Napisał Inż. W. Rosental, Radca Min. Robót Publ.

Wytwórnie energii elektrycznej we wszystkich krajach należą do liczby poważnych odbiorców turbin parowych. W wielu krajach jest to najpoważniejszy odbiorca zbiorowy, a mówiąc o Polsce należy dodać, że jest to jednocześnie odbiorca prawie wyłączny, zwłaszcza gdy chodzi o jednostki mocy większej. Bez przesady można powiedzieć, że prawie cała dzisiejsza produkcja energii elektrycznej, wynosząca w r. 1925-tym ok. 1,7 miljarda kilowatogodzin, wytworzona została za pośrednictwem pary, przyczem na turbiny przypada z tego ponad 90% całej wytwórczości. Na obecnym terytorjum Rzeczypospolitej, pierwsze turbiny pojawiły się w dzielnicy górnośląskiej w r. 1910-tym. W miarę rozwoju budowy turbin parowych, powstawały w Polsce w minionym okresie wytwórnie o coraz to większej mocy. W r. 1925, w ogólnej ilości ok. 290 elektrowni turbinowych o sumarycznej mocy instalowanej ok. 700 000 kW, znalazło się już ok. 40 elektrowni o mocy instalowanej ponad 5 000 kW, w tej liczbie ok. 10 elektrowni o mocy ponad 10 000 kW. Dane te nabierają znaczenia szczególnego i stają się wymowne, zwłaszcza w porównaniu z liczbami charakteryzującymi obecny stan posiadania polskiej gospodarki elektrycznej, z których wynika, że na dzień 31 grudnia 1925 roku było w Polsce ogółem ok. 610 wytwórni energii elektrycznej, o ogólnej mocy instalowanej ok. 849 326 kW.

Należy zaznaczyć, że liczone tu wszystkie elektrownie użyteczności publicznej, a z wytwórni użyteczności prywatnej tylko te, których moc instalowana przewyższa 100 kW.

Procentowy podział mocy instalowanej, według rodzaju napędu przedstawia się następująco: na parowe silniki napędowe przypada ogółem 95%, z czego na turbiny parowe — 83% i na silniki tłokowe — 12%; poza tem na silniki spalinowe przypada ok. 4% i na wodne — ok. 1%.

Turbina parowa pracuje w Polsce dla przemysłu elektrownianego i z niego też głównie żyje. Wszelkie przewidywania, dotyczące przyszłych stosunków w dziedzinie wytwarzania energii elektrycznej, a oparte na głębszej znajomości charakterystyk naszej gospodarki energetycznej, wskazują, że elektryfikacja w Polsce rozwijać się będzie pod znakiem węgla, pary, a więc i turbiny.

Ilościowe określenie zapotrzebowania na turbiny wymaga bliższej analizy, tak obecnego stanu posiadania, naszych wytwórni, jak i rozwojowych możliwości produkcji energii elektrycznej, związanych z postępowaniem ogólnej elektryfikacji kraju.

Utrzymanie urządzeń wytwórczych w stanie należytym wymaga z jednej strony renowacji tych części urządzenia, które z powodu zużycia normalnego stają się nieprzydatne do pracy dalszej, — z drugiej zaś strony — zamiany pozostałych urządzeń istniejących na urządzenia nowe, odpowiadające wymaganiom nowoczesnego stanu techniki.

Wprawdzie energiczniejszego dążenia do modernizacji urządzeń w związku z osiągnięciem wyższej sprawności energetycznej trudno się spodziewać w obecnych warunkach gospodarczych, tak z powodu nadmiaru węgla, oraz stosunkowo niewysokiej jego ceny, jak — i to głównie — z powodu trudności w odnalezieniu potrzebnych środków pieniężnych na inwestycje.

Jeżeli się jednak zważy, że renowacja normalna urządzeń wytwórni energii elektrycznej w ciągu ostatnich lat kilkunastu była — z powodu trudności natury gospodarczej — bardzo utrudniona, oraz — że w największym może zaniedbaniu pozostawały właśnie zespoły prądowców, — to dla całkowitej zamiany obecnego stanu posiadania można przyjąć co najwyżej normalny, dwudziestoletni okres renowacyjny. Roczna moc za-

Turbiny zainstalowane w zakładach elektrycznych.

Stan z r. 1925.

		Poniżej 1000 kW	1001—5 000 kW	5 001—10 000 kW	10 001—20 000 kW	Razem
Zagłębie Śląskie	Ilość i moc	30 22 139	58 147 540	14 83 300	9 118 400	111 371 379
„ Dąbrowskie	Ilość i moc	13 7 576	28 60 141	2 10 000	— —	43 77 717
„ Krakowskie	Ilość i moc	9 5 500	12 30 890	3 15 500	— —	24 51 890
Reszta obszaru Rzeczypospolitej	Ilość i moc	48 31 342	55 115 970	8 52 000	— —	111 199 312
Razem:	Ilość i moc	100 66 557	153 354 541	27 160 800	9 118 400	289 700 298
w odniesieniu do całości w %	Ilość i moc	35 9,5	53 50,7	9 22,9	3 16,9	100 100

potrzebowania na renowację turbin parowych wyniesie więc $700\,000 : 20 = 35\,000$ kWh.

Do bardzo pouczających wniosków prowadzi zestawienie turbin, zainstalowanych po zakładach elektrycznych w Polsce, otrzymane na podstawie danych ankiety, przeprowadzonej przez Ministerstwo Robót Publicznych, a odnoszącej się do stanu z końca 1925-go roku. Zestawienie to przedstawia podział turbin według wielkości mocy jednostki, przy jednoczesnym uwzględnieniu charakterystycznego dla Polski, terytorjalnego ich rozmieszczenia. Z zestawienia wynika, że na turbiny o mocy od 1001 do 5000 kWh przypada ok. 53% ilości wszystkich turbin, oraz 50% mocy całkowitej, przy średniej mocy jednej turbiny 2300 kWh. W ogólnej ilości średnio na jedną turbinę przypada prawie tyleż samo — 2300 kWh, przyczem — o ile w rozpatrywaniu pominąć całkowicie turbiny poniżej 1000 kWh, stanowiące co do ilości 35% i co do mocy zaledwie 9,5%, — to na jedną turbinę przypadnie już ok. 3700 kWh. Wynika stąd, że typem najbardziej miarodajnym dla naszej gospodarki elektrycznej jest turbina o mocy około 3500 kWh.

Tę część zapotrzebowania na turbiny parowe, którą spowoduje przypuszczalny postęp elektryfikacji, można otrzymać, opierając się na liczbach zapotrzebowania na energię elektryczną, oraz przyjmując pewne założenie co do czasu całkowitego zaspokojenia tych potrzeb.

Licząc na 100% zelektryfikowania napędu w istniejących obecnie zakładach przemysłowych, oraz przyjmując średnie stawki zapotrzebowania na rolnictwo (uwzględniając głównie potrzeby młocki) i na światło, a pomijając natomiast całkowicie możliwość elektryfikacji kolei i rozwoju przemysłu elektrochemicznego — całkowite zapotrzebowanie roczne Polski ustalić można na ok. 5,2 miliardów kilowatogodzin, przy ok. 1,7 milionów kWh mocy instalowanej.

Należy zaznaczyć, że liczby te odpowiadają średniemu przypuszczalnemu zużyciu energii elek-

trycznej w wysokości ok. 200 kWh rocznie na mieszkańca, czyli — normie, którą w wielu krajach zachodnio-europejskich przekroczyło już obecnie istniejące tam zużycie energii elektrycznej.

Zakładając, że z ogólnego zapotrzebowania mocy w wysokości 1,7 miliona kWh na wyzyskanie najkorzystniejszych sił wodnych przypadnie ok. 150 000 kWh oraz odliczając obecny stan posiadania mocy instalowanej — 840 000 kWh, otrzymamy ok. 700 000 kWh do ewentualnego zainstalowania w elektrowniach ciepłych. Zachowując istniejący obecnie stosunek procentowy pomiędzy różnorodnymi silnikami napędowymi, udział mocy instalowanej turbin parowych otrzymamy w wysokości $0,83 \times 700\,000 = 580\,000$ kWh.

Biorąc pod uwagę, że rozpiętość istniejąca pomiędzy zapotrzebowaniem na energię elektryczną, wynoszącą ok. 200 kWh na mieszkańca rocznie, a obecnym jej zużyciem, stanowiącym zaledwie 61 kWh — jest znaczna, należałoby oczekiwać w tej dziedzinie — przy korzystnych warunkach gospodarczych — ruchu żywiołowego. Jeżeli jednak przytoczone liczby zapotrzebowania osiągnięte będą dopiero po 25 latach, to spowodowane rozwojem elektryfikacji roczne zapotrzebowanie na turbiny wyniesie $580\,000 : 25 = 23\,000$ kWh, co łącznie z poprzednio otrzymaną liczbą 35 000 kWh stanowić będzie ok. 58 000 kWh.

Otrzymaną liczbę zapotrzebowania na turbiny parowe nie należy bynajmniej uważać za wygórowaną lub zbyt optymistyczną. Spodziewać się raczej należy, że wzięta pod uwagę przy obliczeniach stopa zapotrzebowania na energię w życiu codziennym, z biegiem czasu wzrośnie, że sprawa elektryfikacji kilku kolei głównych dojrzeje również w tym czasie i nabierze aktualności, wreszcie, że rozwój naszego rolnictwa pobudzi przemysł elektrochemiczny do dalszej wzmożonej produkcji. Są to wszystko czynniki małouchwytnie i mogące zmienić przyjęte założenia w kierunku znacznego podniesienia otrzymanej powyżej liczby zapotrzebowania na turbiny parowe.

O możliwości wytwarzania turbin parowych w Polsce *)

Napisał Prof. Z. Sochacki.

Możliwość budowy turbin parowych w kraju, — rozważana ze stanowiska fabrykacyjnego, — przedstawia się nieco odmiennie, niż z teoretycznego punktu widzenia.

Teoretycznie bowiem — przy dzisiejszym stanie ciężkiego przemysłu maszynowego w Polsce — niema żadnych trudności, o ile chodzi o jednostki do 10 000 kW. Cały szereg naszych poważnych fabryk posiada zespoły maszyn, nadające się do takiej fabrykacji.

Praktycznie jednak rzecz biorąc, napotykamy widocznie na pewne trudności, skoro dotychczas żadna z polskich fabryk nie podjęła budowy turbin parowych.

Trudności te należy upatrywać w małym zapotrzebowaniu turbin, w braku kapitałów inwestycyjnych, w niemożności udzielania dłuższych kredytów odbiorcom, a po części także w trudnościach odlewniczych.

Podług danych Głównego Urzędu Statystycznego, sprowadzono:

w r. 1925—279,2 t turbin za sumę zł. 850 000 = 3. zł./kg
 „ „ 1926—223,7 „ „ „ „ 932 000 = 4,16 „ „

Fabryki, które mogłyby podjąć budowę turbin parowych, osiągają przy dzisiejszym obciążeniu 12 do 20 milionów rocznego obrotu, nie widzą zatem interesu w rozpoczynaniu nowej produkcji, wymagającej poważnych wkładów, — skoro przy rocznym zapotrzebowaniu turbin parowych o wartości około 1 000 000 zł. można zaledwie pokryć kosztu fabrykacyjne, a amortyzacja dodatkowych inwestycji stałaby się przykrym ciężarem. Drugą, najpoważniejszą może trudność stanowi brak kapitałów obrotowych i kredytów. Firmy zagraniczne udzielają obecnie 3 do 5-letnich kredytów, co przy rocznej wartości produkcji zł. 1 000 000 wymaga kapitału, względnie kredytu dyskontowego złotych 3 500 000. Trudności odlewnicze, polegające na braku nowoczesnych urządzeń w odlewniach i nieprzystosowaniu ich do wykonywania ciężkich sztuk, są do pokonania, i to nieznaczny nawet wysiłkiem.

Mimo powyższe trudności, należy — moim zdaniem — rozpocząć budowę turbin parowych w kraju jaknajprędzej, i jestem przekonany, że z tą chwilą powiększy się znacznie zbyt tych maszyn, o ile przeprowadzi się równocześnie odpowiednią propagandę techniczną. Cyfry statystyczne bowiem nie charakteryzują rzeczywistego zapotrzebowania. Posiadamy bardzo wiele zakładów przemysłowych, posiadających się nieodpowiednimi silnikami, dla których wymiana istniejących silników na turbiny parowe, przy dogodnych zwłaszcza warunkach dostawy, dałaby poważne oszczędności w kosztach ruchu.

Wyszukanie tych zakładów, przeprowadzenie dla nich ścisłej kalkulacji rentowności i przekonanie ich właścicieli o korzyściach wynikających z ta-

kiej zamiany musi doprowadzić do zwiększenia zapotrzebowania i usunięcia pierwszej z istniejących trudności.

Sprawę potrzebnych kapitałów i kredytów pozostawiam na boku, jako sprawę ogólną, dotyczącą całego naszego życia gospodarczego, która musi być pomyślnie rozwiązana, o ile wogóle mamy istnieć. Ogólnie zatem należy stwierdzić, że pomimo istniejących trudności rozpoczęcie budowy turbin parowych w kraju jest pożądane i możliwe, o ile organizacja tej nowej produkcji będzie dobrze pomyślana, a kalkulacja wytrzyma konkurencję zagraniczną.

Organizacyjnie rzecz biorąc, — należy rozpocząć od ścisłej współpracy z pierwszorzędną firmą zagraniczną, niema bowiem celu marnować czas i pieniądze na stwarzanie własnych typów; następnie nie należy obejmować programem fabrykacyjnym wszystkich części składowych, a zwłaszcza takich, które przy masowej produkcji zagranicznej będą napewno lepsze i tańsze tam, jak u nas. Przy takiej współpracy, firma zagraniczna dostarczyłaby kompletne rysunki warsztatowych, norm wytrzymałości materiałów, sposobów i współczynników do obliczeń wytrzymałościowych i termodynamicznych, gwarancji zużycia pary, ponadto udzieliłaby potrzebnych wskazówek przy opracowaniu programu i systemu wytwarzania.

Wzajemian za to pobierałaby firma zagraniczna opłaty licencyjne i objęła dostawę takich części, jak: 1) łopatki wirnika, dokładki i łopatki kierownicze, 2) regulatory obciążenia i bezpieczeństwa, 3) zespoły dławnic, 4) pompy powietrzne i oliwne oraz zawory maksymalnego ciśnienia na przewodach oliwnych, 5) przekładnie zębate i przyrządy miernicze, 6) silniki i prądnice elektryczne w jednostkach niewyrabianych w kraju.

Wykonywanie odlewów wymaga wyposażenia odlewni w żoraw 30-tonnowy z precyzyjnym przyrządem kierowniczym oraz żeliwiaków o wydajności co najmniej 15 tonn na godzinę. Przy formowaniu płyt fundamentowych i osłon w ziemi, wymagana jest możliwość zagłębiania się do 2 m. Dla większych jednostek, osłona i niektóre części kierownicze musiałyby być wykonywane z dodatkiem 10% stali. Wskazane byłoby sprowadzenie kilku odlewników z zagranicy.

Zespół potrzebnych obrabiarek obejmowałby:
 1 strugarkę 4-suportową 4 × 7 × 4 m;
 2 strugarki średnie 2 × 4 × 2 m;
 1 wiertarko-frezarkę 2-kolumnową o ∅ trzonu 150 mm i płycie 8 × 10 m;
 1 wytaczarkę 2-wrzecionową o wysokości 2 m;
 2 wytaczarki lekkie;
 1 karuzelówkę o ∅ 3,5 m;
 2 karuzelówki średnio o ∅ 1,2 m i 0,6 m;
 1 wiertarkę promieniową o wysięgu 5 m;
 4 wiertarki kolumnowe o wysięgu 1,5 do 3 m;
 2 tarczówki o ∅ 2,2 m i 1,6 m;
 2 frezarki bramowe o szerokości 1,5 m i 2 m;

*) Referat wygłoszony na konferencji turbinowej S. I. M. P.

1 tokarko-szlifierkę o długości 7 m;
1 frezarkę do zębów klinowych oraz
zespół około 20 drobnych obrabiarek.

Hala montażowa, z kanałem 2 m głębokości,
30 m długości, musi posiadać skraplacz natryskowy do prób i suwnicę 40-tonnową.

Pozostaje jeszcze do omówienia strona kalkulacyjna. Narazie warunki są niekorzystne, gdyż cła na turbiny parowe są niskie.

Od turbin kompletnych

wynosi cła	77	zł./100 kg	przy wadze do 1000 kg
" " " " " "	70	" " "	" " 2500 "
" " " " " "	62	" " "	" " ponad 2500 "
Od części turbin	160	" " "	" " do 5 "
" " " " " "	130	" " "	" " 25 "
" " " " " "	100	" " "	" " 100 "
" " " " " "	75	" " "	" " 300 "
" " " " " "	55	" " "	" " ponad 300 "

Przy tych stawkach celnych, kalkulacja przeprowadzona dla fabryki w Warszawie, a więc przy średniej płacy robotnika wykwalifikowanego za godzinę zł. 1,45 łącznie z premją i dzisiejszej cenie materiałów, — daje ceny konkurencyjne, ale bez żadnego zysku. Natomiast obejmuje ta cena amortyzację maszyn, urządzeń, budynków i 1/3 kosztów modeli.

Przy fabrykacji więcej niż 3 sztuk tego samego typu, można osiągnąć zysk około 5%.

Dopiero podniesienie cła do 100 zł./100 kg może odrzucić zysk 12 — 15%.

Kalkulacja dla fabryk położonych poza obrębem Warszawy dałaby wyniki nieco lepsze, wobec niższych stawek robotniczych i mniejszych kosztów transportu.

Możliwości budowy w Polsce turbin parowych.^{*)}

Napisał Inż. Z. Okoniewski.

Kwestja przystąpienia do wytwarzania turbin parowych w Polsce jest tak żywotną i tak wielkiego znaczenia gospodarczego, że z chęcią zabieram głos dla wypowiedzenia mego zdania w tej sprawie. Zastrzegam się przytem, że nie uznaję się za kompetentnego do ujęcia materji z punktu widzenia konstrukcyjnego. Jako przemysłowiec jednak, sądzę, mogę się podjąć rozpatrzenia tej niezwykle ważnej dziedziny z punktu widzenia fabrykacyjnego i finansowego.

Troska o aktywny bilans handlowy zmusza każdego przemysłowca, któremu przedewszystkiem dobro kraju leży na sercu, do kształtowania swej polityki handlowo-przemysłowej w kierunku uwzględnienia w swych poczynaniach wyrobów krajowych.

Nie zrobi nic najbardziej genialny Rząd, jeżeli najszerze sfery społeczne nie uświadomią sobie tej prostej prawdy, że należy przedewszystkiem kupować w kraju i szukać zaspokojenia potrzeb inwestycyjnych na rynku krajowym. Z tego punktu widzenia, odruchowo narzuca się konieczność podjęcia w Polsce wytwarzania zespołów turbinowych. Przemysł elektrotechniczny jest bezpośrednio zainteresowany jaknajszerszem uwzględnieniem w polityce gospodarczej naszego kraju budowy elektrowni, a co za tem idzie, ustawienia parowych zespołów turbinowych, gdyż szczególnie w Polsce turbiny parowe mogą być uważane jako główny czynnik do wytwarzania energii elektrycznej. Pojęcie turbiny parowej zespoliło się z całym przemysłem elektrotechnicznym, gdyż, jak powiedziałem, turbina parowa łącznie z generatorem elektrycznym przedstawia w Polsce, bogatej w węgiel, potężne źródło wytwórcze energii elektrycznej. Turbiny wodne mają jeszcze małe zastosowanie w naszym kraju, posiadającym dość znaczne wprawdzie, ale kapryśne i trudne do zużytkowania siły wodne, zaś silniki spalinowe, których wartość użytkową wysoko cenię, nie odgrywają przy wytwarzaniu prądu elektrycznego roli tak wybitnie dominującej, jak turbiny parowe.

Dotykając warunków gospodarczych naszego kraju, nie można pominąć zastosowania i znaczenia elektryczności.

Technika wogóle, a elektryczność stosowana w szczególności, w tak ściśły sposób skojarzyły się z życiem człowieka i stały się tak nieodzownym czynnikiem naszego bytu, że nie można oddzielić w przejawach ustroju gospodarczego elektrotechniki od postępu życia kulturalnego. Nierozdzielna spójnia, jaka zapanowała między potrzebami życiowymi z jednej strony, a techniką z drugiej, każe nam traktować przejawy w dziedzinie przemysłu elektrotechnicznego ze szczególną uwagą. Zrozumiałe jest zatem, że w Polsce niemal niezwłocznie po wielkiej wojnie zaczął powstawać rodzimy przemysł elektrotechniczny i, pomimo wielkich trudności finansowych i niekorzystnej konjunktury, zajął dziś stosunkowo tak wybitne stanowisko, że nawet nasi sąsiedzi uważają za stosowne zajęcie się nim bliżej i wytoczenie mu ostrej walki o egzystencję.

Jasne jest, że szerokie zastosowanie parowych zespołów turbinowych wpływa bezpośrednio na rozwój każdego, a zatem i naszego przemysłu elektrotechnicznego. Czy jednak możemy liczyć na zwiększenie zastosowania turbin parowych przez stworzenie polskiej wytwórni i czy możemy podjąć się tego trudnego zadania — to pytanie, wymagające gruntownego zastanowienia się nad środkami zarówno ze strony fabrykacyjnej, jak i przedewszystkiem z punktu widzenia możliwości sprzedaży.

Aby zdać sobie sprawę, czy fabrykacja turbin parowych mogłaby liczyć w Polsce na zbyt, trzeba przedewszystkiem uświadomić sobie, w jakim stopniu nasz kraj do tej pory reagował na zastosowanie turbin, jak również, jakie może być zapotrzebowanie w przyszłości.

Jakkolwiek Polska w stosunku do zużycia energii elektrycznej zajmuje w gospodarce wszechświatowej miejsce niezwykle skromne, niemniej ok. 110 zespołów turbinowych pracuje w kraju i było dostarczone z zagranicy. Jeżeli wziąć pod uwagę średnio 2 000 kW na jednostkę, otrzymamy przybliżoną wartość całości w sumie 18 milion. fr. szw.

^{*)} Referat wygłoszony na konferencji turbinowej S. I. M. P.

Same zaś turbiny bez kondensacji i generatorów przedstawiają przybliżoną wartość 8 625 000 fr. szw.

Cyfry podane przeze mnie są przybliżone, nie mają zupełnie pretensji do ścisłości i służą jedynie do stworzenia sobie punktu wyjścia. W moich obliczeniach nie uwzględniłem Górnego Śląska, gdyż odnośna statystyka nie znajduje się w moich rękach. Uwzględnienie tej statystyki nie wpłynęłoby zresztą na ostateczny wynik poniższych wywodów.

Co do turbozespołów, jakichby potrzebowała Polska rocznie, to nadzwyczaj trudno zdać sobie z tego dokładnie sprawę. Ustalenie średniej cyfry uzależnia się od konjunktury gospodarczej. Np. w r. 1925 rynek krajowy potrzebował mniej więcej 17 — 20 turbin parowych, w roku 1926 można było dopiero pod koniec stwierdzić pewne zapotrzebowanie turbin, gdy cały początek roku nie wykazywał w tym kierunku żadnego ruchu. Początek zaś roku bieżącego wykazuje niezwykle duże zainteresowanie się turbozespołami. Można z całą pewnością twierdzić, że przy pewnym polepszeniu się konjunktury, zapotrzebowanie na turbozespoły będzie stale wzrastało, a nawet można liczyć na ogromne rozszerzenie tego zapotrzebowania, w związku z dopływem znacznie większych kapitałów, umożliwiających większe inwestycje. Bez wątpienia, rynek polski może stanowić dla wytwórcy turbinowego duży interes. Zresztą dowiedli tego liczni wytwórcy zagraniczni, nadzwyczaj intensywnie opracowując nasz rynek. Zrozumiałe jest zatem i nawet konieczne, aby polski przemysłowiec starał się włączyć do swego programu fabrykację turbozespołów.

Jeżeliby nowostworzona placówka polska miała liczyć na pokrycie chociażby części polskich dostaw, to musiałaby konkurować z zagranicznymi zakładami fabrycznymi. W obecnej chwili istnieje na kontynencie europejskim 35 mniejszych i większych fabryk turbin parowych. Wielka Brytania posiada ich 20, zaś St. Zjedn. Am. Półn. 12. Z tej dużej liczby fabryk zaledwie niewielka ilość prowadzi wytworzenie, opierając się na ścisłych podstawach naukowych i ekonomicznych. Z powodu wielkiej konkurencji w Europie, wzrosły wymagania klienteli w stosunku do wykonania i do ceny, i to szczególnie w ciągu ostatnich lat. Z tego powodu, jedynie taka fabryka może liczyć na sprzedaż turbozespołów, którą dzięki długoletniej wytwórczości w odnośnym dziale, posiadając najbardziej nowoczesne i najbardziej wyrafinowane metody fabrykacyjne oraz urządzenia maszynowe, jest w stanie wykonywać turbozespoły zarówno pod względem sprawności, bezpieczeństwa ruchu oraz czynnika zasadniczego — ceny — umożliwiające tę sprzedaż. Mowy zatem niema, aby w chwili obecnej w Polsce mogła powstać fabryka bez oparcia o potężną zagraniczną wytwórnę turbinową, dzięki czemu za przyznanie odpowiedniej licencji otrzymywałaby wszelkie niezbędne dane techniczne oraz korzystałaby z doświadczenia tejże zagranicznej wytwórni. Ten jednak stosunek nie wyklucza budowy własnych warsztatów turbinowych, urządzeń dla prób oraz wyszukanie personelu inżynierskiego, któryby posiadał doświadczenie w kierunku budowy turbin parowych.

Według moich obliczeń, możnaby przystąpić do budowy fabryki turbin, biorąc pod uwagę najmniej 20 jednostek maszynowych rocznie, wielko-

ści od 1000 — 10000 kW; z tego wynikałby obrót roczny mniej więcej ok. 1 miliona fr. szw.

Dla ułatwienia zadania przyjmuję, że dany obiekt fabryczny jest do dyspozycji i to conajmniej o powierzchni 2500 m². Dla zakupu maszyn pomocniczych, narzędzi, próbnych urządzeń, kotłowni, kondensacji, urządzenia do wyważania i t. p. potrzebny byłby kapitał ok. 1 500 000 fr. szw. Jeżeli dodać na surowce ok. fr. szw. 500 000 i na znajdujące się w robocie maszyny ok. fr. szw. 350 000, otrzymamy kapitał w sumie fr. szw. 2 350 000.

Jeżeliby jednak potrzeba byłoby wybudować fabrykę, a przynajmniej odpowiednią halę fabryczną wraz z urządzeniem transportowym, potrzebaby było jeszcze sumy ok. fr. szw. 500 000. Obliczenie to nie uwzględnia kapitału niezbędnego na udzielenie ulgowych warunków płatności, bez których, jak wiadomo, nie można dziś otrzymywać zamówień.

Przy tych obliczeniach biorę pod uwagę, że niektóre specjalnie trudne części niezbędne do budowy turbin, jak materiał łopatkowy, części regulatorów i zaworów będą sprowadzane z zagranicy.

Wyrób turbin wymaga dłuższego okresu czasu, z tego powodu niezbędne jest trzymanie na składzie dużej ilości materiałów składowych i półfabrykatów, gdyż jest to niezbędne, aby terminy dostaw utrzymywać na stopie konkurencyjnej. Mogę przytoczyć np., że firma Brown Boveri w Badenie posiada stale na składzie materiały i półfabrykaty w ilości odpowiadającej 50 wielkim turbinom parowym.

Nie trzeba się łudzić, że powyższe krótkie obliczenie wyczerpuje całe niezbędne zapotrzebowanie pieniężne. Wiemy dokładnie, że każda placówka fabryczna stale wymaga nowych inwestycji, których wysokość stoi w bezpośrednim stosunku do zakresu produkowanych obiektów. Jeżeli zatem polska wytwórnia turbinowa miałaby podjąć walkę konkurencyjną i naprawdę wstąpić do licznego szeregu wytwórców, to musiałaby sobie zagwarantować nietylko te doraźne środki na samo stworzenie fabrykacji, lecz również musiałaby otrzymać rezerwy kredytowe w wysokości conajmniej kapitału inwestycyjnego, aby uzupełniać warsztaty w miarę stale zmieniających się wymogów obróbki metali, oraz uzupełniać zawsze niedostateczny kapitał obrotowy.

Jakkolwiek rentowność każdego przedsiębiorstwa przemysłowego i handlowego należy do podstawowych i najskromniej zakrojonych pojęć gospodarczych, niemniej w praktyce, w czasach wojennych, zrozumienie konieczności rentowności ustąpiło miejsca przewartościowaniu stanu posiadania, opartego na fluktuacji pieniężnej. Stale polepszająca się sytuacja kraju niejako wyprostowuje skażone pojęcia i dzisiaj znowu rentowność przedsiębiorstwa warunkuje dopływ niezbędnych kapitałów. Rentowność — to nietylko, słuszne zresztą, wymagania akcjonariuszów oprocentowania włożonych kapitałów, rentowność — to czynnik jeszcze ważniejszy, mianowicie możliwość ewolucyjnego rozwijania przedsiębiorstwa, co jest nie do pomyślenia przy nieopłacającej się produkcji. Bez ewolucji technicznej, organizacyjnej i finansowej nie ma racji bytu tworzenie nowego przedsiębiorstwa.

Brak widoków rentowności, przynajmniej w pierwszym okresie produkcyjnym, uważam za naj-

większą trudność do przewyciężenia. Stosownie do statystyki, możnaby liczyć w najlepszym razie na 20 turbin rocznie, notabene, o ileby firmy zagraniczne zostały w walce konkurencyjnej w zupełności pokonane, co trudne jest do pomyślenia. Niemniej i 20 turbin rocznie o średniej mocy 2000 kW, nie zagwarantowałyby produkcji rentownej. Koszty ogólnie wypadają niezwykle wysoko i wymagają znacznie większego zakresu wytwórczego, przytem należy się liczyć z właściwością turbiny, która z uwagi na różne cele i warunki wytwarzania energii elektrycznej jest prawie w każdym poszczególnym wypadku indywidualnie traktowaną maszyną. Fabryki zagraniczne, w celu zwiększenia swego zbytu i obniżenia przez to kosztów produkcji, pracują usilnie nad eksportem i w tym kierunku zdobyły już i na rynku polskim duże powodzenie.

Jako zwolennik uwzględnienia momentu psychologicznego nawet w poglądach ekonomicznych, muszę zastanowić się nad ustaleniem stosunku szerokich sfer naszego społeczeństwa do rozwoju przemysłu rodzimego. Trudności gospodarcze, wynikłe na tle powojennych stosunków finansowych, zniechęciły do zastanowienia się nad środkami sanacji. Zrozumiano, że jednym z nieodzownych środków uzdrowienia bytu gospodarczego, jest nasza samowystarczalność, a co za tem idzie — konieczność redukcji do minimum importu. Teoretycznie prawda ta została poczęści zrozumiana, w praktyce jednak najbardziej nawet uświadomione sfery klienteli odbiegają od jej zastosowania. W tym kierunku mam do podkreślenia wprost niepojęty fakt oziębłości i niesolidarności jednostek z interesem ogółu społeczeństwa. Polska wytwórnia turbin parowych mogłaby liczyć jedynie na dostawy państwowe i poczęści komunalne. Prywatni odbiorcy z całą bezwzględnością będą rozpatrywali oferty z punktu widzenia finansowego, pod kątem wyłącznie interesu osobistego, a w mniejszym stopniu technicznego. Czynniki produkcji krajowej, jako takiej, wpływa bardzo słabo na decyzję. Nowa placówka turbinowa musiałaby zatem pracować nad zmianą obecnych poglądów, walcząc tymczasem z wielkimi trudnościami w kierunku dostatecznego, nie mówię nawet szerszego, zbytu swojej wytwórczości.

Jeżeli chodzi o samą f a b r y k a c j ę, to sędzę, że technika jest w Polsce tak rozwinięta i posiada materiał fachowy zarówno inżynierski, jak i robotniczy na tak wysokim poziomie, że moglibyśmy podjąć się zadania budowy turbozespołów — naturalnie, biorąc pod uwagę, że na przełamanie trudności i wdrożenie się w fabrykację potrzebny byłby okres paru lat. Gorzej przedstawia się sprawa, o ile chodzi o otrzymanie odpowiednich materiałów niezbędnych do wytwarzania. Jasne jest, że wytwarzanie turbin parowych w Polsce mogłoby mieć tylko wtedy istotne znaczenie, gdyby użytkowało materiały krajowe. Sędzę, że i w tym kierunku napotkalibyśmy na wielkie trudności, zmuszające do wytwarzania jedynie niewielkiej części agregatu. Jak wiadomo, dla podniesienia sprawności i zredukowania ceny turbiny, niezbędne jest otrzymanie materiałów nadzwyczajnej jakości. Zadanie konstruktora turbin polega, nietylko na tem, aby materiały części ruchomych odpowiadały wysokim wymaganiom. Praktyka wykazała, że przy przyjmowaniu

materiałów i surowców nie można polegać jedynie na zapewnieniu dostawców, trzeba jednak mieć u siebie odpowiednie urządzenia, które pozwalałyby te materiały przed użyciem wypróbować w sposób jaknajbardziej dokładny. W tym celu każda poważna fabryka turbin musi mieć odpowiednio urządzone laboratorium i personel o wysokim poziomie poziomie naukowym, któryby, wyprobowując ostatecznie materiały, bezwzględnie odrzucał je, o ileby tylko w najdrobniejszych szczegółach nie odpowiadały wymaganiom i przepisom, opartym na długoletnim doświadczeniu. Tylko w ten sposób można uniknąć trudności, jakie później turbiny wykazują w eksploatacji. Znane są eksplozje tarcz turbinowych, kadłubów, jak również eksplozje generatorów. Z tych powodów wyszukiwanie odpowiednich materiałów napotyka na ogromne trudności. Można powiedzieć, że jest zaledwie kilka wielkich stalowni, które swojemi wyrobami mogą odpowiadać trudnym wymaganiom. Charakterystyczne jest przytem, że te nawet potężne stalownie, o rozległych środkach technicznych i finansowych, potrzebują długoletniego stosunku z fabryką turbin, aby dostosować się w zupełności do wymagań, jakie im ta fabryka z konieczności musi stawiać. Oprócz stali, która odgrywa wybitną rolę, niezbędne jest zwrócenie specjalnej uwagi na żeliwo lub stal laną, używaną na kadłuby turbin. Odlewanie tych kadłubów z żeliwa o wytrzymałości na rozciąganie 30 kg/mm^2 , przy uwzględnieniu jednolitego, absolutnie bezporowatego materiału, jak również z wyżarzonej stali, przedstawia tak wielkie trudności, że jedynie niewielka ilość odlewni może się podjąć tego zadania. Nie sędzę, abyśmy mieli w kraju odlewnie, których odlewy odpowiadałyby tak wysokim wymaganiom. Najgorzej przedstawia się sprawa z otrzymaniem materiału wysokowartościowego na łopatki. Tu zgóry można powiedzieć, że fabryka krajowa musiałaby te łopatki sprowadzać z zagranicy. Odgrywa tutaj rolę nietylko sam materiał, lecz i kształt łopatki bezpośrednio wpływający na sprawność turbiny. Fabryki krajowe, które rozpoczęły budowę maszyn elektrotechnicznych, przekomiały się, w jak wielkiej mierze musi być zastosowana dokładność obróbki. Dokładność ta jest jednakże o połowę mniejsza od tej, jaka jest potrzebna dla wytwarzania części składowych turbiny. Aby można było z dostateczną dokładnością wywiercać kadłuby lub żłobki, obtaczać tarcze, potrzebna jest nietylko wielka umiejętność ze strony pracowników robotniczych, lecz muszą być jeszcze brane w rachubę specjalne urządzenia, umożliwiające osiągnięcie tych dokładności. Np. umieszczenie łopatek w kadłubie wymaga bezprzykładnej dokładności, gdyż najmniejsza zmiana właściwego kąta umocowania oddziałują na powiększenie zużycia pary. To samo mogę powiedzieć o montowaniu wału turbinowego, lub też o wciąganiu tarczy na wał, co wymaga specjalnych ostrożności, o ile nie chce się ryzykować, aby te części przez dopływ ciepła rozluźniły się i powodowały drgania. Jeżeli dalej weźmiemy pod uwagę, że w obecnych czasach przy parowych turbinach dochodzi się do prędkości obwodowej powyżej 200 m/min , można sobie wyobrazić, jakie trudności przedstawia dokładne wyważenie części ruchomych.

To, co wyżej powiedziałem w stosunku do materiałów, musi być jeszcze rozciągnięte na tarcze

turbinowe już w gotowym stanie. Muszą być one wyważane w specjalnych urządzeniach, dających zupełne zabezpieczenie od eksplozji. Zarazem tarcze muszą być poddawane próbom na drgania, i to z łopatkami i bez nich, a to dlatego, aby można było skonstatować, czy nie zachodzi rezonans liczby drgań własnych tarcz z liczbą obrotów turbiny.

Te próby wibracyjne mogą być robione tylko przez bardzo doświadczony personel, inaczej byłyby bez znaczenia.

Następnie przy wyrobie turbin musi być wzięte pod uwagę, że fabryka posiadać musi takie urządzenie, aby turbiny po ich wykończeniu mogły być próbowane przy ciśnieniu pary, odpowiadającym założeniu, z uwzględnieniem kondensacji. Nawet przy fabrykacji nadzwyczaj dokładnie wykonanej, zdarzają się wypadki, że jednakowo wykonane turbiny przedstawiają w stosunku do sprawności i zużycia pary na stacji próbnej zupełnie odmienne wyniki. Zadaniem zatem inżyniera specjalisty jest wyszukanie tego błędu na stacji próbnej, do czego znowu potrzebne jest wielkie doświadczenie.

W moich wywodach dotykam jedynie właściwych turbin parowych, nie zajmując się kondensacją, gdyż Towarzystwo Brown Boveri rozpoczęło już budowę kondensatorów w Polsce i firmy tejsze wykonały cały szereg kondensatorów ku zupeł-

nemu zadowoleniu fabryki turbinowej. Nie poruszam również budowy prądnic turbinowych, gdyż uważam, że można traktować budowę tych maszyn w Polsce tylko w tym wypadku, gdyby również i turbiny parowe mogły być tutaj wykonywane.

To, co powiedziałem wyżej, zdaje mi się, nie przedstawia horoskopów dobrych dla podjęcia w chwili obecnej budowy turbin parowych w Polsce. Sądzę, że jako jednemu z pionierów przemysłu elektrotechnicznego w Polsce, który z całym zrozumieniem tego zadania idzie w kierunku rozszerzenia i pogłębienia tego przemysłu, wolno mi będzie wypowiedzieć się przeciwko budowie turbin parowych, bez obawy, że będę posądzony o niezrozumienie potrzeb naszego kraju, lub też, że kierują mną obawy konkurencyjne. Polska w okresie powojennym rozpoczęła fabrykację całego szeregu nowych maszyn oraz urządzeń, dostosowaną do potrzeb i pojemności naszego rynku oraz warunków ogólnych w kraju. Te nowe działy czekają na pogłębienie techniczne i organizacyjne. Czy nie lepiej pójść drogą konsolidacji i dostosowania obecnego przemysłu do ciężkich zadań, jakim sprostać musi w walce z naszymi możliwymi sąsiadami, niż stwarzać nowe specjalności bez należytych podwalin?

Reasumując powyższe moje wywody, uważam rozpoczęcie w danym okresie budowy turbin parowych w Polsce za przedwczesne.

Konferencja turbinowa Stow. Inż. Mech. Polskich.

W dniu 19-go lutego r. b. odbyła się w lokalu Stowarzyszenia Techników „Konferencja turbinowa”, zorganizowana przez Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich (SIMP) dla zaproszonych przedstawicieli sfer techniczno-przemysłowych całego kraju.

Obrady z ramienia SIMP zajął prof. B. Stefanowski, zaznaczając, że jakkolwiek zasady samowystarczalności państw przy dzisiejszej strukturze gospodarczej nie dadzą się ściśle zachować, to jednak produkcja turbin parowych, jako silników typowych i podstawowych przy wytwarzaniu energii, silników, których wyrób oprzeć się może całkowicie na pracy i materiałach rodzimych, ma pierwszorzędne znaczenie gospodarcze. Poza tem jednak powołanie tego działu przemysłu maszynowego do życia w kraju ma duże znaczenie moralne, da bowiem możliwość technikom polskim do przejścia z roli obserwatorów tego, co się w tej dziedzinie dzieje u sąsiadów, do roli czynnej, twórczej. Temi motywami się kierując, zwołało SIMP niniejszą konferencję, która ma za zadanie wyjaśnić w kole ludzi najbardziej kompetentnych możliwość wyrobu turbin parowych w kraju.

Po dokonaniu wyboru na przewodniczącego Konferencji prof. B. Stefanowskiego, zaś za Sekretarzystwo pp. inż. Zdzisława Fiołkiewicza i inż. Edmunda Osękę, zabrał głos prof. W. Borowicz, który wygłosił referat p. t. „O budowie turbin parowych w Polsce”, zamieszczony w zeszycie niniejszym osobno. Następnie wygłosili referaty pp.: prof. E. T. Geisler, dyr. nac. Z. Sochacki i (w zastępstwie dyr. nac. Z. Okoniewskiego) — dyr. K. Śliwiński. Prace te drukujemy również w tym zeszycie.

Po wysłuchaniu wspomnianych referatów, odbyła się ożywiona i interesująca dyskusja, w której zabrał najpierw głos p. inż. W. Rosental, Radca Min. R. Publ., komunikując dane statystyczne, zebrane przez Wydz. Elektryczny M. R. P. a dotyczące zainstalowanych w Polsce turbin parowych.

Komunikat ten został podany już wyżej.

Następnie zabrał głos p. prof. K. Żórawski i zaznaczył, że z wygłoszonych referatów można wywnioskować, iż roczna produkcja krajowej wytwórni turbin wyniesiłaby na wagę 200 000 kg, a obecna cena importowanych turbin waha się około 4 zł. za 1 kg. Jeżeli założyć, że wysokość dla ochronnego stanowiłaby 50% ceny importowej, jak to przemysł krajowy w analogicznych wypadkach uzyskał, to znajdziemy roczny obrót wytwórni: $6 \times 200\,000 = 1\,200\,000$ zł.

Kapitał zakładowy (koszta budowy + kapitał obrotowy) wytwórni turbin, jako samodzielnego przedsiębiorstwa, wyniosłoby w myśl referatów ok. 2 500 000 zł.; koszta zaś uruchomienia wytwórni turbin, jako oddziału istniejącego zakładu przemysłowego dochodziłyby, jak oblicza p. prof. Sochacki, do 80 000 dol. Zestawienie tych liczb dowodzi, że wytwórnia turbin może istnieć jedynie jako oddział czynnego już przedsiębiorstwa, bo tylko przy tem założeniu kalkulacja handlowa wytwórni czyni zadość najniezbędniejszemu i nieomylnemu warunkowi zyskowności przedsiębiorstwa: obrót roczny winien być conajmniej równy kapitałowi zakładowemu.

Obawy p. dyr. Z. Okoniewskiego co do niechęci i nieufności, z jakimi krajowa turbina musiałaby walczyć na rynku, uznaje mówca za nieusprawiedliwione, twierdząc, że, wręcz odwrotnie, kilkoletnie już doświadczenie nowopowstałych po wojnie wytwórni elektrotechnicznych wykazało ze strony odbiorców dużo dobrych chęci i obywatelskiego zrozumienia potrzeby solidarności ekonomicznej

przemysłu. Fabryka turbin, pod warunkiem dobrej organizacji technicznej i handlowej, może liczyć na powodzenie.

Nie należy się oczywiście ludzić, że otrzymanie licencji zagranicznej fabryki turbin rozwiąże wszelkie trudności techniczne i pozwoli od razu osiągnąć najwyższą jakość wykonania: wyszkolenie personelu, trudności materiałowe, skoordynowanie produkcji i t. d., nawet przy ścisłej stałej współpracy z fabryką macierzystą, muszą się stać przyczyną pewnych nieuniknionych niepowodzeń, które nie powinny zrażać przemysłowca. Dla przykładu prof. Zórawski przytacza historję budowy turbin parowych w Towarzystwie Franko-Rosyjskiem, które już w kilka lat po otrzymaniu licencji Oerlicon'a było w stanie budować turbiny w niczem nie ustępujące oryginalnym.

Budowa turbin w kraju wytworzyłaby potrzebę wykonania na miejscu prądnic dla turbozespołów. Krajowe fabryki elektrotechniczne mogłyby temu zadaniu sprostać bez żadnych trudności, gdyż prądnice turbinowe są do wykonania łatwe. Budowa turbin i prądnicy przez 2 nie związane ze sobą wytwórnie nie nasuwa żadnych zastrzeżeń, na Zachodzie jest to często praktykowane. Dla poparcia swych słów, przytacza mówca przykład rosyjskiej fabryki elektrotechnicznej „Volta”, która zupełnie samodzielnie rozpoczęła budowę generatorów turbinowych i wykonywała je bez trudności z zupełnym powodzeniem dla turbin wykonanych w innych fabrykach w Rosji, jak również dla turbin importowanych.

Prof. A. Rothert zaznacza, że wykonanie turbiny i generatora przez niezależne od siebie wytwórnie wymagałoby podziału między niemi odpowiedzialności za zespół, co musiałoby być rozwiązane przez specjalną umowę między temi fabrykami. Nabywca wymaga zwykle gwarancji dla całego zespołu.

Prof. H. Mierzejewski nadmieniał, iż inicjatywa techniczna fabryki Repphana sprawiła, że ziemie polskie były w dziedzinie budowy silników przez długi czas niemal samowystarczalne, brak jednak śmielszego pioniera na tem polu w ostatnich latach przed wojną, kiedy dominujące znaczenie uzyskiwała turbina parowa, spowodował nasze zacofanie w tym kierunku w porównaniu z Zachodem; czas powiększał tę różnicę, obecnie staliśmy się już tylko nabywcami silników, którzy, wobec zerwania stosunków z przemysłem krajów zabornych, nie mają już nawet możności praktycznego wyszkolenia następnego pokolenia inżynierów silnikowych.

Poziom techniczny polskiego ciężkiego przemysłu metalowego pozwala spodziewać się, że ta luka, jaką dzisiaj w naszej samowystarczalności tworzą silniki, dałaby się łatwo wypełnić. Pod kątem widzenia obróbki, części składowe turbiny można zaliczyć częściowo do ciężkiej obróbki, częściowo do fabrykacji masowej. W obydwóch tych działach mamy wytrawnych specjalistów: ciężka obróbka została już dawno opanowana przez polskiego inżyniera i robotnika, jest im dobrze znana, a w ostatnich latach, kiedy pod nakazem konieczności państwowej stworzony został szereg wojskowych wytwórni masowej produkcji, cały zastęp młodych inżynierów zapoznał się gruntownie również z tym drugim rodzajem wytwórczości i wdrożył się w metody wytwarzania precyzyjnego. Wyposażenie techniczne naszych fabryk maszynowych jest nie gorsze niż podobnych wytwórni zachodnio-europejskich, częstokroć nawet jest lepsze. Prof. Mierzejewski, przy zwiedzaniu fabryk turbin w Anglii, Francji i Czechosłowacji, miał możność nacznego przekonania się, że posiadane przez nie obrabiarki są częstokroć przestarzałe, spotyka się niekiedy

okazy prawie muzealne, a mimo to fabryki utrzymują się na rynku światowym na poziomie konkurencyjnym.

Prof. Mierzejewski nie podziela również obaw niektórych uczestników zebrania przed trudnościami otrzymania i doboru materiałów, potrzebnych do budowy turbin. Produkcja hut śląskich może zadowolić majstrzejsze nawet wymagania, czego dowodem jest eksport szlachetnych gatunków stali do kraju tak uprzemysłowionego, jak Niemcy. Zwiedzenie laboratorium badania metali w jednej ze znanych firm czeskich przekonało prof. Mierzejewskiego, że trudności doboru materiałów do budowy turbin dają się przewyciężyć prostymi nawet środkami; wyposażenie laboratorium znacznie ustępowało pracowniom tego rodzaju, posiadanych przez wiele już krajowych fabryk maszyn, a w porównaniu ze środkami i metodami badań metali, jakie stosują huty krajowe, było wprost ubogie.

Zapoczątkowanie budowy turbin parowych w kraju przyspieszy ich rozpowszechnienie, co podniesie kulturę i samożoność kraju, a jednocześnie zwiększy wewnętrzną konsumpcję węgla, i to w sposób korzystny, bo w znacznej mierze dla celów produkcyjnych. Już chociażby dla tego względu wytwórnia turbin może spodziewać się poparcia przez władze państwowe.

Inż. Fr. Żaryn poruszył w swem przemówieniu zagadnienie zastosowania wysokich prędkości pary. W Polsce już również ruch w kierunku stosowania wysokich ciśnień zaczął się rozpowszechniać, czego dowodem jest dość znaczna dzisiaj ilość zamontowanych turbin wysokoprężnych, pracujących jako zawór redukcyjny przed silnikami niskoprężnymi. Taki układ, stosowany u nas najczęściej dla zmodernizowania przestarzałych instalacji silnikowych, okazał się gospodarczo korzystnym, ma już licznych zwolenników, dlatego też typ małej wysokoprężnej turbiny, pominięty w referacie prof. Borowicza, powinienby zostać włączony do programu produkcji fabryki turbin. Przy sposobności nadmienia mówca, że wspomniane przez prof. Borowicza warunki pożyczki angielskiej dla przemysłu cukrowniczego były ujęte niezupełnie ściśle; pożyczka była nie długoterminowa, lecz krótkoterminowa, od kampanji do kampanji, i użyto ją na powiększenie kapitału obrotowego cukrowni, a nie na inwestycje.

Prof. E. T. Geisler — reasumując dotychczasową dyskusję, stwierdza, że — z wyjątkiem p. dyr. Z. Okoniewskiego — wszyscy mówcy wypowiedzieli się za możliwością i potrzebą stworzenia fabryki turbin w Polsce. Trudności handlowe, materiałowe i obróbkowe, podkreślone przez p. dyr. Okoniewskiego, oczywiście, istnieją, nie mają jednak przypisanego im decydującego znaczenia; już z pobieżnego oświetlenia ich przez pozostałych mówców wynika, że dadzą się łatwo przewyciężyć. Dla ilustracji, jak dalece posunęła się już technika budowy maszyn w wytwórniach krajowych, prof. Geisler przytacza przykład wykonania automatów dla wyrobu amunicji, w których osiągnięto tak wielką czułość i precyzję, że drobne zmiany temperatury otoczenia odbijają się na ich działaniu, tak że automaty trzeba doregulowywać.

Wysokości kapitału zakładowego wytwórni, mimo różnic w sposobach obliczenia, nieznacznie odbiegają od siebie, co bardzo przemawia za ich wiarygodnością. Prof. Geisler uważa, że 2 000 000 zł. stanowią minimum kapitału zakładowego dla nowej samodzielnej wytwórni turbin. Ocena ścisłości sumy 80 000 dol., podanej przez p. prof. Sochackiego, jako kosztu zakładowego wytwórni turbin, stanowiącej oddział już istniejącego przedsiębiorstwa, jest trudniejsza, bo zależy od posiadanego już przez zakład wyposażenia, a co

za tem idzie — jest inną dla każdego z istniejących zakładów.

Przewodniczący, prof. B. Stefanowski, uważa, że sprawa potrzeby i możliwości budowy turbin w kraju została już wyczerpująco oświetlona, konstatuje, że wszyscy niemal obecni wypowiedzieli się za założeniem wytwórni turbin i stwierdzili, ekonomiczną i techniczną możliwość jej istnienia, proponuje przeto ograniczyć dyskusję do rozważania następujących tematów:

- a) program wytwórczości fabryki turbin;
- b) sposób jej powstania, t. j. czy wytwórnia powinna być samodzielną, czy też stanowić oddział istniejącego przedsiębiorstwa;
- c) licencja w związku z najbardziej pożądanym typem turbiny;
- d) skoordynowanie wykonania części elektrycznej i parowej turbozespołu.

Dyr. St. Raźniewski podnosi, iż program wytwórczości fabryki turbin, proponowany przez prof. Borowicza, przewiduje 5000 kW, jako maksymalną moc jednostkową. W zagłębiu węglowym, które jest dużym odbiorcą turbin, w nowszych instalacjach jest coraz więcej jednostek o mocy ponad 5000 kW, co przemawia za przesunięciem obranej górnej granicy mocy jednostkowej przynajmniej do 10 000 kW.

Wysokość najkorzystniejszej gospodarczo prężności pary zależy od ceny węgla, stosowanie wysokich prężności w instalacjach parowych zagłębia węglowego byłoby niczem nieusprawiedliwione, a jeśli by wogóle było potrzebne, to chyba w miejscowościach odległych od zagłębia, dzisiaj jeszcze mało uprzemysłowionych, więc posługujących się turbinami małej mocy i drogim węglem. Dla turbin dużej mocy, zwykłe prężności do 15 at są gospodarczo najkorzystniejsze.

Prof. W. Borowicz zaznacza, że wykonanie niektórych części turbiny zagranicą, jak to przewiduje referat dyr. Z. Sochackiego, wiązałoby wytwórnię w sposób bardzo uciążliwy, jest przeto możliwe i wskazane tylko dla początkowego okresu istnienia naszej wytwórni.

Dyr. Okoniewski, poza trudnościami handlowymi, obróbkowymi i materiałowymi, oświetlonemi już wyczerpująco w dyskusji, jaka się wywiązała po referatach, poruszył kwestję precyzyjności wykonania turbiny i związane z tem właściwe jej trudności montażowo-konstrukcyjne. Budowa turbin nie wymaga jednak jakiegoś specjalnego uzdolnienia, czy zręczności, technika jej jest ogólnie znana i tak już szablonową, że aparaty do wyważania dynamicznego wirników, co stanowiło najtrudniejsze i najbardziej odpowiedzialne zadanie wytwórni turbin, można obecnie zakupić, jak każdą obrabiarkę. Ponadto zwykłym warunkiem pobrania licencji jest wykształcenie niezbędnej ilości inżynierów i robotników w fabryce macierzystej.

Osobne wykonanie turbiny i prądnicy uznaje prof. Borowicz za niepożądane, bo mogłoby to odbić się niekorzystnie na jednolitości zespołu.

Zastosowanie wysokich prężności, które teoretycznie obiecywało duże korzyści gospodarcze, w praktyce zawiodło, okazało się bowiem, że koszta amortyzacji i oprocentowania przewyższają wartość oszczędności na paliwie. Dzisiaj został już ogólnie przyjęty pogląd, że 15 at, przy takim węglu, jest najodpowiedniejszą prężnością i niema racji przekraczania tej granicy. Prężność 30 at może być gospodarczo korzystną tylko dla jednostek powyżej 10 000 kW i dopiero przy 24-godzinnej pracy na dobę; 25 at może się opłacać jedynie przy bardzo wysokiej ce-

nie węgla. Polska jest krajem posiadającym tani węgiel, wysokie ceny maszyn i ciężkie warunki kredytu, zatem podane granice prężności są dla naszych warunków jeszcze za wysokie.

Istnienie w zagłębiu węglowym znacznych rezerw mocy nie odbiłoby się na zapotrzebowaniu turbin; takie rezerwy istnieją wszędzie, wyzyskanie ich nie jest, widocznie, takie korzystne i łatwe do przeprowadzenia, skoro przemysł amerykański, posiadający wielkie doświadczenie organizacyjne i umiejętność zblokowania się, swoich rezerw mocy dotychczas nie spożytkował, mimo że stanowią 60% całej posiadanej mocy, więc sięgają ogromnych liczb.

Inż. K. Śliwiński uważa dla siebie za wiążące odczytanie referatu dyr. Okoniewskiego, dlatego nie zabiera głosu w dyskusji szczegółowej, choć jednak zaznaczyć, że 22-letnia praca w polskim przemyśle urobiła w nim optymizm, który pozwala mu rokować wytwórni turbin zupełne powodzenie.

Dyr. Z. Sochacki w odpowiedzi Prof. Borowiczowi wyjaśnia, że miał na myśli zakup części turbiny zagranicą jedynie w początkowym okresie istnienia wytwórni; umowa licencyjna powinna, oczywiście, przewidywać dla obu stron możliwość zrzeczenia się dostawy, z wypowiedzeniem np. półtorarocznym.

Inż. Łubieński ocenia pojemność wewnętrznego rynku dla turbin znacznie niżej, niż podali przedmówcy, bo tylko na 15 000—20 000 kW rocznie. W podanych obliczeniach możliwości zbytu turbin trzeba wykreślić Górny Śląsk, który finansowo jest tak uzależniony od zagranicy, że w najbliższych latach nie będzie jeszcze w stanie kupować maszyn w kraju; dostawa turbin dla elektrowni miejskich będzie również trudną, ponieważ szczupłe kapitały samorządów pozwalają na inwestycje jedynie przy długoterminowym kredycie, zatem fabryka turbin musiałaby dla sfinansowania tych dostaw mieć zapewnioną pomoc bankową.

Dyr. nacz. Z. Sochacki wyraża uznanie dla Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich za zorganizowanie konferencji, która wykazała możliwość budowy turbin w kraju i wyczerpująco oświetliła to zagadnienie; dalszym krokiem na tej drodze byłoby zebranie przedstawicieli zainteresowanych zakładów przemysłowych celem omówienia konkretnego planu zorganizowania wytwórni. Prośbę o dalszą inicjatywę S. I. M. P. Profesor Sochacki skierowuje do Przewodniczącego konferencji.

Przewodniczący Prof. B. Stefanowski w odpowiedzi zaznacza, że wniosek Prof. Sochackiego przekracza możliwości S. I. M. P., które jest stowarzyszeniem technicznym, a nie przemysłowym; inicjatywa tej II-ej Konferencji Stowarzyszenia leży całkowicie w kompetencji istniejących związków przemysłowych.

Dla zapoznania ogółu techników z wynikiem prac Konferencji, referaty i sprawozdanie z dyskusji będą ogłoszone w prasie technicznej. Obrady konferencji jasno i wszechstronnie oświetliły możliwość i potrzebę budowy turbin parowych w kraju, co bezwątpienia przyczyni się do wypełnienia tej luki w naszym budownictwie maszynowym, jaką tworzy brak wytwórni turbin parowych.

Następnie Przewodniczący zamknął konferencję podziękowaniem referentom za podany cenny materiał rzeczowy, który skupił uwagę zebrania na kwestiach zasadniczych, dzięki czemu dyskusja została ześrodkowana, przynosząc przez to dalsze pogłębienie i rozwinięcie tematu.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO WODNE.

Zaopatrzenie w wodę Paryża.

Zużycie wody w porze letniej w Paryżu przekracza 650 000 m³, co przedstawia maximum dotychczasowej dziennej sprawności wodociągów tamtejszych. Chociaż w ostatnim roku ustawiono nowe filtry i pompy, które mogą w najbliższym czasie dostarczyć jeszcze 100 000 m³ wody, lecz rzeczoznawcy przewidują, że już w r. 1928 sprawność wodociągów będzie znowu niedostateczna.

W celu zapewnienia dalszej ciągłości w dostawie wody, szczególnie w lecie, gdy Sekwana ma mało wody, inżynierowie miejscy uważali za konieczne szczegółowiej rozpatrzyć kwestję otrzymania wody z dalszych miejscowości, co próbował zarząd miasta Paryża. Przeprowadzone studia wykazały, że rozdział wśród płaskowzgórza w Auvergne będzie mógł najlepiej urzeczywistnić zamierzenia. W wąskim korycie Saary, około 90 km poniżej miasta Nevers, a w odległości w linii powietrznej 125 km od Paryża, znajduje się wielki, piaszczysty, podziemny zbiornik, w którym woda jest czysta, chłodna i bardzo dobra. Pompowania próbne stwierdziły, że dziennie można otrzymać 1 milion m³ z tego naturalnego zbiornika, a jednak nie wyczerpie się zapasu wody. Podług planu, w tym miejscu ma powstać nowy zakład wodociągowy do zaopatrzenia w wodę Paryża. Właściciele okolicznych gruntów podnieśli zarzuty przeciw temu, ponieważ się obawiają, że przez tego rodzaju wyzyskanie źródła wody nie będzie w miesiącach letnich dostatecznej ilości wody dla zasilania ziem miejscowych. Projekt przewiduje budowę zbiorników, w których będzie można zgromadzić 280 milionów m³ wody w czasie zimy. Z nich będzie można w porze letniej zwracać dziennie 1,7 milj. m³ wody. Tym sposobem zabezpieczy się właściciele ziemskich od powodzi i posuchy.

Również rozważa się projekt rozszerzenia zakładów filtracyjnych w okolicach Paryża i zasilanie ich z mniejszych rzeczek w departamencie Sekwany, lecz omówiony powyżej projekt ze względów technicznych i zdrowotnych zasługuje na pierwszeństwo.

lg.

DROGI KOŁOWE.

Koszty utrzymania dróg bitych.

W Nr. 2 „Der Strassenbau“ z r. b. znajduje się ciekawa próba ujęcia we wzory kosztów utrzymania dróg bitych. Opracowanie to jest oparte głównie na wynikach przeprowadzonej ostatnio w Niemczech powszechnej statystyki ruchu na drogach publicznych.

Wychodząc z porównania zestawień zużycia nawierzchni i intensywności ruchu, wyrażonego w tonnach, oraz kosztów ogólnych, autor wykazuje, że przeciętne koszty utrzymania dróg bitych (macadamowych) wynoszą od 1 do 3 fen. za tonnę-kilometr.

Wyższe koszty zdarzają się tylko na takich drogach, gdzie jest dużo trudnych do utrzymania budowli, lub też tam, gdzie są używane złe albo nadmiernie drogie materiały kamienne. Zaobserwowano na przykład w okolicach Hannoveru odcinek drogi, gdzie koszt utrzymania 50-cioкратно przewyższył podaną wyżej normę; przy bliższym zbadaniu, okazało się, że na odcinku tym stale kursowały samochody ciężarowe 7 do 9 tonnowe; powyższe zużycie stanowi wyjątek, jednak 15-tokrotne przewyższenie przeciętnej normy nie jest już zjawiskiem tak odosobnionem.

Zużytkowanie wyników wspomnianej statystyki ułatwia fakt, że większość dróg w Niemczech są to zwykłe drogi bite.

Główną pozycję w całkowitej cenie kosztów utrzymania drogi bitej stanowią koszty utrzymania jezdni, wynoszące łącznie z uposażeniem niższego personelu drogowego około 30%. Autor wyprowadza następujący wzór do obliczenia kosztów utrzymania jezdni:

$$d = 0,8 + 1,8 \sqrt{\sum p_n^2 v_n^2 i_n}$$

w którym oznacza:

d — materiał kamienny (bazałt lub inny równie wartości kamień łącznie z lepiszczem) w m³, potrzebny do utrzymania pasa jezdni o długości 1 km i szerokości 1 m — albo grubość warstwy rocznego zużycia nawierzchni w mm;

i_n — roczny ruch wyrażony w tys. t brutto, w odniesieniu do 1 m szerokości jezdni;

p_n i v_n — współczynniki zależne od ciężaru pojazdów i ich szybkości;

0,8 — wielkość stała, spowodowana wpływami atmosferycznymi i t. p.

Współczynniki p_n i v_n w zwykłych warunkach, przy normalnym utrzymywaniu drogi, ruchu kołowym konnym o średniej wadze pojazdów 2 t i szybkości 6 km/h, można przyjąć z wystarczającą dokładnością równymi 1. Wówczas podany wyżej wzór w odniesieniu do zużycia wyłącznie wskutek ruchu przybierze postać:

$$d = 1,8 \sqrt{i}$$

Przy złym stanie nawierzchni, większym ciężarze lub wzroście szybkości pojazdów wartość współczynników p i v wzrasta według podanych przez autora zestawień i tablic. Z tablic tych wynika, że przy złym stanie jezdni zużycie może być kilka razy większe, niż na drogach dobrze utrzymanych. Ponieważ teoretycznie ujęcie wszelkich różnorodnych czynników, wpływających na stopień zużycia drogi, wymagałoby bardzo skomplikowanych obliczeń, autor upraszcza zadanie i na podstawie doświadczeń podaje wzór i zestawienie, które jego zdaniem dają zupełnie wystarczające dla potrzeb praktycznych wyniki, z zastrzeżeniem, że stosować go można tylko do dróg należycie utrzymywanych (drogi złe utrzymywane wogóle nie wytrzymują żadnej kalkulacji):

$$d = 1,8 \sqrt{\sum c_n i_n}, \text{ gdzie } c_n = \sqrt{p_n v_n}$$

Szybkość km/h	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Ciężar:	$c = \sqrt{p v} =$									
2 t	1	1,41	1,73	2,00	2,24	2,45	2,65	2,83	3,00	3,17
4 t	1,41	2,00	2,45	2,83	3,17	3,46	3,74	4,00	4,24	4,47
6 t	1,73	2,45	3,00	3,46	3,87	4,24	4,58	4,90	5,20	5,48
8 t	2,00	2,85	3,46	4,00	4,47	4,90	5,21	5,66	6,00	6,32
10 t	2,24	3,17	3,88	4,47	5,00	5,48	5,92	6,33	6,71	7,07

Przykład: na podstawie statystyki ruchu ustalono, że w pewnym okręgu przeciętny roczny ruch w odniesieniu do 1 m szerokości jezdni wynosił:

pojazdów konnych: 13,8, przy średn. szyb. 6 km/h i cięż. 2 t
samochodów osob. 3,8 „ „ „ 42 „ „ 2 „
„ ciężarowych 5,0 „ „ „ 18 „ „ 6 „
a zatem: $d = 0,8 + 1,8 \sqrt{1 \times 13,8 + 2,65 \times 3,8 + 3 \times 5,0} =$
 $= 12,02 \text{ m}^3$, a więc dla jezdni o szerokości 5 m wyniesie
 $12,20 \times 5 = 60,10 \text{ m}^3$ rocznie.

Następnie jest podany szereg tablic i przykładów dla obliczenia zużycia powierzchni przy ruchu mieszanym. Na zakończenie autor podaje wzór dla obliczenia całkowitych kosztów utrzymania drogi bitej, wychodząc z założenia, że:
1) koszt utrzymania jezdni składa się z kosztów materiałów, łącznie z walcowaniem, i dodatkowej robocizny, wyno-

szącej około 0,55 dniówki na 1 m³ materiału zużytego, 2) utrzymanie jezdni stanowi 80% całkowitych kosztów; a zatem całkowity koszt utrzymania $K = 1,25d (d' + 0,55 t)$, gdzie d ma znaczenie jak wyżej, d' —cena 1 m³ materiałów kamiennych łącznie z walcowaniem, t' —cena dniówki.

M. S. O.

METALIZNAWSTWO.

Zagadnienie metali kwasoodpornych.

Odwrotnym pojęciem do odporności na działanie kwasów jest podatność. Ważnym czynnikiem tej podatności jest powinowactwo. Mierzy się je albo porównawczo, przez zastępowanie jednego pierwiastka drugim podczas reakcji chemicznej, albo przy pomocy obliczania energii tworzenia (ciepła tworzenia) danego połączenia. Jest to wtedy możliwe, gdy porównujemy ciepło tworzenia przy jednakowej zmianie objętości. Miara porównania powinowactwa jest do pewnego stopnia napięcie elektrolityczne. W ogólności, powinowactwo zależy od ciśnienia i temperatury. Niema pierwiastków bezwzględnie odpornych na działania chemiczne. Przeciwdziała podatności mała ruchliwość atomów przy wzajemnym zastępowaniu (zwłaszcza w zwykłych temperaturach). Podczas reakcji powstają czasami warstwy ochronne, np. tlenki, które utrudniają lub uniemożliwiają dalsze zetknięcie się odczynnika z metalem. Obecność dwóch metali stykających się ze sobą w strefie działania odczynnika sprzyja działaniu odczynnika, zwłaszcza gdy metale są znacznie odległe w szeregu napięciowym. Związki między metalami są bardziej odporne na działania chemiczne, niż poszczególne metale, tworzące związek. Również i roztwory stałe są bardziej odporne od metali tworzących roztwór. Naogół jednak roztwory stałe są mniej odporne od związków chemicznych (międzymetalicznych), lecz związki tego rodzaju nie są bardzo trwałe i względnie mechaniczne nie przemawiają za ich zastosowaniem. W eutektykach współdziała podatności tworzenie się mikroelementów pomiędzy odrębnymi różnorodnymi kryształami (obecność dwóch rodzajów różnorodnych kryształów stykających się w strefie działania odczynnika). W roztworach stałych siatka przestrzenna rozpuszczalnika stanowi ochronę dla metalu rozpuszczonego. Wogóle roztwory stałe są bardziej odporne na działania chemiczne, niż eutektyki, a z punktu widzenia praktycznego są odporniejsze od związków chemicznych o charakterze międzymetalicznych. Znaczne działanie ochronne w stopach wykazuje chrom, który — jakkolwiek sam nie odporny na kwas azotowy — tworzy pod jego działaniem związki z tlenem, i w mniejszym lub w większym stopniu (narażenie nie ustalono) zatrzymuje je w swej siatce przestrzennej, tworząc przez to warstwę ochronną. Być może, że w stopach żelazo-chrom ochronia ta warstwa składa się z chromianu żelaza. Istnieje wielka dowolność w tworzeniu teorii odporności, trudno jednak przeprowadzić odpowiednie badania ze względu na atomowy rząd wielkości tych zjawisk. Możliwość tworzenia warstewek ochronnych istnieje i wśród różnych mieszanin, n. p. w stopach glin-krzem. Z dotychczas znanych stopów najbardziej odpornymi okazały się stopy niklu i kobaltu z chromem, wolframem, molibdenem, wanadem, manganem i miedzią. W stopach tego rodzaju rolę ochronną odgrywają w pierwszym rzędzie chrom i kobalt. (W. Guertler, Zft. f. M.k.u.n.d.e. 1927. 365—376).

Chemicznie trwałe stopy i ich własności.

Praktyka wymaga od metali i ich stopów odporności na działania chemiczne pewnych odczynników (zwłaszcza kwasów) i w określonych warunkach (temperatura i stężenie kwasu). Odporność tę należy pojmować praktycznie, nie jest to zatem odporność bezwzględna. (Roztwory stałe oka-

zały się praktycznie najbardziej odpornymi. Z czystych metali, glin jest odporny na działanie kwasu azotowego, dzięki tworzeniu warstewki ochronnej. Kwas solny i zasady działają nań silnie. Żelazo, nikiel, kobalt, a zwłaszcza chrom odznaczają się biernością wobec stężonego kwasu azotowego. Poza tem żelazo łatwo rozpuszcza się w kwasach. Chrom jest trwały wobec rozcieńczonych kwasów i wilgoci. Cyna jest odporna na działanie słabych kwasów i wilgoci, nie wytrzymuje jednak działania kwasów stężonych. Ołów tworzy w kwasie siarkowym warstwę ochronną, poza tem nie jest chemicznie odporny. Miedź rozpuszcza się w wielu odczynnikach, zawierających tlen lub działających utleniająco. Bardziej odporne od czystych metali są stopy, tworzące przeważnie roztwory stałe. Odporność na działania chemiczne mierzy się w obecnych badaniach laboratoryjnych stratą na wadze próbki o określonej powierzchni w określonym przeciągu czasu. Ze stopów stosowanych w postaci odlewów odznaczają się (żelazo-krzem) znaczną odpornością na działanie kwasu siarkowego, azotowego, fosforowego i octowego. Kwas solny nagryza je dość znacznie. Zawartość krzemu w tych stopach waha się w granicach 12—18%, przyczem w miarę wzrostu zawartości krzemu wzrasta odporność na działanie kwasu solnego. Wadą ich jest trudność obróbki. Nie posiadają tej wady stopy miedź-krzem (Rotoxit), lecz pod względem odporności nie dorównują stopom żelaza. Odpornymi na działania kwasów są stopy żelaza z niklem i chromem (Calit), niklem i miedzią (Aterit), kobaltem i chromem (Stellit). Dzięki zawartości miedzi, drugi rodzaj tych stopów nie jest odporny na działanie kwasu azotowego. Najtrwalszym okazał się stellit, względnie jego odmiana, zawierająca więcej żelaza (Festell). Z kujnych stopów odpornymi są stale nierdzewiejące. Są to stopy żelaza, chromu i niklu. Chrom odgrywa w nich rolę ochronną, nikiel zapewnia kujność. Odpornymi stają się one dopiero znacznie w stanie hartowanym (roztwory stałe).

Obecność węglików zmniejsza odporność chemiczną, dlatego też zawartość węgla nie przekracza w tych stalach 0,5%. Dolną granicą dla chromu jest 12—15%. Zależnie od ilości niklu i chromu, występują stale te w stanie austenistycznym, martenzytycznym lub perlitowym. Wpływ na rodzaj stanu wywiera obróbka termiczna. Najbardziej odpornymi byłyby stale austenistyczne, trudność jednak obrobienia ich nie pozwala na większe ich zastosowanie. Stale Krupp'a: V. 1. M. (C-0,15%, Cr-14%, Ni-2%, martenzytyczna, wytrzymałość 80 kg/mm²) i V. 2. A. (C-0,25%, Cr-20%, Ni-7%, austenityczna, wytrzymałość 80 kg/mm²) są dosyć odporne na działania chemiczne i na utlenianie w wysokich temperaturach. W tym ostatnim wypadku ważne jest zachowanie wytrzymałości. Przeciętnie następuje przy temp. około 500—600° silny spadek wytrzymałości. Ważniejsze przy wysokich temperaturach jest określenie granicy płynności, gdyż przy długotrwałych obciążeniach stale te mają skłonność do płynięcia. Chemicznie odpornymi są również stopy niklu i chromu, ich odporność na utlenianie jest jednak znacznie większa od stali nierdzewiejących i wytrzymałość ich przy wyższych temperaturach jest lepszą od stali nierdzewiejących. W stopach tych żelazo odgrywa rolę domieszki szkodliwej. Stopy niklu z miedzią, jakkolwiek mają niezłą granicę płynności, nie są jednak odporne na działania czynników utleniających. Poza tą gałęzią stopów, istnieją metody uodporniania na działania chemiczne. Tutaj należy pokrywanie niklem (w czasie wojny stosowano kobalt), a ostatnio elektrolitycznie chromem. Aby uodpornić przedmioty na utlenianie, pokrywa się je glinem (alitirowanie). (E. H. Schultz i W. Jenge, Zft. f. M.k.u.n.d.e. 1927. 377—386).

Stopy niklu odporne na działanie kwasów.

Przeprowadzono obszernie badania odporności chemicznej różnych metali i ich stopów. Znakomicie odpornymi na działanie kwasu azotowego (10%), tak zimnego jak i gorącego, okazały się stopy żelaza z chromem. Z całego szeregu stopów badanych naogół najlepszymi są stopy:

B 2,5 M:	Fe-19,5	Ni-61	Cr-15	Mn-2,5	Mn-2		
B 4 M:	18	60,4	15	4	2	C-0,57	
B 7 M:	15	61	15	7	2		
B WMC:	13	58	15	3	2	Co-3, W-5.	

Mechaniczne właściwości stopu B7M są niezłe, posiada on bowiem przy 500° wytrzymałość 73 kg/mm², granicę płynności 63 kg/mm², wydłużenie 28%, przewężenie 63%, odporność na uderzenie 11,5 kg/cm². (W. Rohn-Zft. f. M k u n d e. 1927. 387—396).

W sprawie odporności metali na działanie chemiczne.

Streszczone powyżej 3 referaty wywołały dyskusję, którą zamieszcza cytowane czasopismo. Podajemy z niej również ciekawsze zdania.

Koch. Ułożenie norm dla badania odporności chemicznej nie da się obecnie przeprowadzić. Byłoby do życzenia, by zamiast określenia ubytku materiału w gramach podczas działania odczynnika przez określony przeciąg czasu, oznaczano raczej czas potrzebny na zebranie przez odczynnik warstewki o określonej grubości, a to z tego powodu, że przy ocenie wagowej nie można porównywać materiałów o różnym ciężarze właściwym (n. p. glin i żelazo). Określenie czasu służby metalu w danym odczynniku jest dla praktyki ważniejsze od straty wagi w przeciągu określonego czasu. Charakter powierzchni prób stosowanych do badania jest również ważnym czynnikiem przy określaniu odporności chemicznej (powierzchnia polerowana, czyszczona piaskiem i t. d.). Wielkość ziarna posiada również wielki wpływ na odporność. Wpływ powietrza, jako dodatkowego czynnika przy działaniu chemicznym, wpływ zanieczyszczeń, rodzaj wyzarć (jednostajne, skupione w ogniskach, nie niszczące powierzchni, lecz przenikające w głąb, wzdłuż granic kryształów, t. j. gąbczaste), nierównomierność składu, wpływ likwacji — oto czynniki, które należałoby określić przy omawianiu odporności chemicznej. Pokrywanie żelaza glinem zawodzi po dłuższym użyciu, wskutek przenikania glinu w głąb materiału. Nachromowywanie nie sposobem elektrolitycznym lecz przez nacementowanie przedstawia się korzystnie, widocznie chrom tworzy z obecnym w żelazie węglem węglík, zapobiegający dalszemu przenikaniu chromu w głąb żelaza.

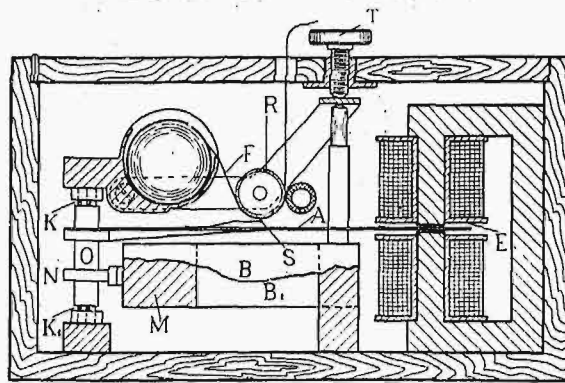
W. Guertler. Dodatek miedzi do żelaza w takiej ilości, by tworzył roztwór stały, zwiększa odporność żelaza na rdzewienie. Większe ilości szkodzą.

METROLOGJA.

Przyrząd do samoczynnego rejestrowania przyspieszenia.

Mierzenie przyspieszenia będących w ruchu samochodów, dźwigów, obrabiarek i t. d. posiada duże znaczenie dla konstruktorów i kierowników warsztatowych, dając im szereg wskazówek, co i jak należy zmienić, by osiągnąć pożądane wyniki. W związku z tym zjawilo się w ostatnich czasach dość dużo przyrządów do rejestrowania przyspieszeń. Jeden z nich, pomysłu znanego konstruktora przyrządów pomiarowych, W. C. Collins'a, polega na kreśleniu miniaturowego wykresu przyspieszeń na celuloidowym filmie. Schemat działania tego przyrządu jest przedstawiony na rys. 1. Ciężarek M jest podtrzymywany przez dwie płaskie wstęgi stalowe B i B₁ i jest połączony za pośrednictwem dodatkowej wstęgi N z dźwigenką O, obracającą się na krawędziach

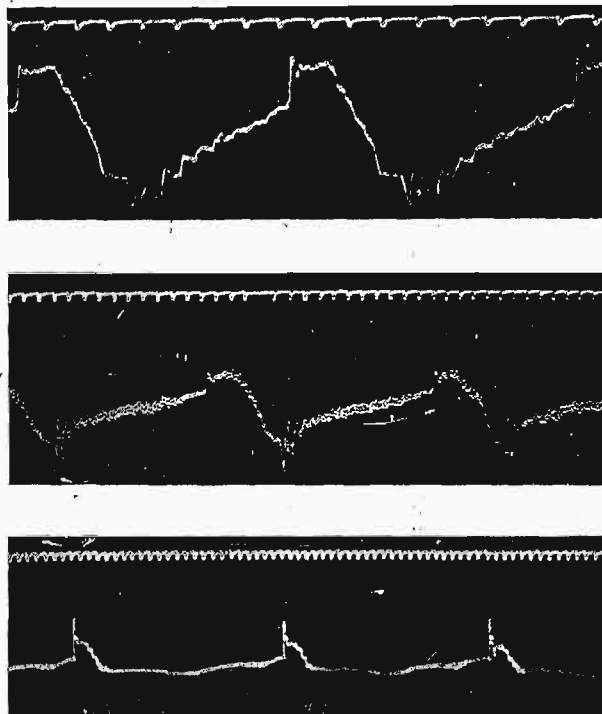
K i K₁, której ramię A jest wykonane z aluminium. Koniec tego ramienia porusza się pomiędzy elektromagnesami E. Do ramienia A jest przymocowany stylus S. Najmniejszy



Rys. 1. Schemat przyrządu do rejestrowania przyspieszenia.

ruch masy M wywołuje przesuwanie się stylusa w poprzek filmu F. Mechanizm zegarowy daje ruch filmu za pośrednictwem rolki R. Szybkość przesuwania filmu waha się od 3 do 20 mm/sek.

Prądy błędzące, jakie powstają w końcówce A wskutek przesuwania jej jej pomiędzy elektromagnesami E, tłumią ruch, usuwając wahania naturalne dźwigenki. Okres drgań własnych całego układu wynosi około 0,025 sek. Czu-



Rys. 2. Wykresy przyspieszeń przy ruchu strugarki poprzecznej.

łość przyrządu w tych warunkach może być określona w ten sposób, że 1 mm skali odpowiada przyspieszenia 9,81 m/sek. Śrubka T służy do miarkowania nacisku stylusa na film. Inny stylus, nie wskazany na schemacie, wyznacza odstępy czasu co 0,1 sek.

Przyrząd może działać tak w kierunku pionowym, jak i poziomym. Posiada on nader małe wymiary, umożliwiające przymocowanie go do części mechanizmów, będących w ruchu. Rys. 2 przedstawia wykresy przyspieszeń, otrzymanych przy ruchu strugarki poprzecznej (shaping) o skoku 400 mm i 250 mm.