

KOTŁOWNIA I SALA MASZYN

ORGAN STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Piękna 32, m. 12. Telefon 881-47.

Redaktor: JAN KOMARNICKI, inż. techn.

TREŚĆ: *M. Żeliszewski*, inż. Obsługa turbin parowych.

Inż. *M. Żeliszewski*.

Obsługa turbin.

§ 1. Smarowanie łożysk.

Długie rozwodzenie się nad koniecznością dobrego i obfitego smarowania łożysk turbiny uważam za zbędne, gdyż jest rzeczą zrozumiałą, że turbina, mając niespotykane w innych silnikach prędkości obwodowe czopów, jest specjalnie wrażliwa na smarowanie. Olej doprowadzany do łożysk służy tu nie tylko do ich smarowania, czyli do zmniejszenia tarcia pomiędzy czopem a panewką, lecz i do odprowadzania z nich wielkich ilości ciepła, które się tam wytwarzają na skutek przechodzenia pracy tarcia w energię cieplną. Prócz ciepła, wytwarzanego na skutek oporu tarcia, do łożysk turbiny dopływa dużo ciepła, szczególnie po stronie wysokoprężnej, a w turbinach wielokadłubowych do łożysk znajdujących się między kadłubem wysoko i średnioprężnym, skutkiem przewodnictwa wzdłuż gorących wałów wirnikowych jak również skutkiem promieniowania rozgrzanych kadłubów. Otóż olej turbinowy musi całą niemal ilość ciepła, przedostającego się w jakikolwiek sposób do łożysk, wchłonąć, przenieść do chłodnic olejowych i tam oddać wodzie chłodzącej, a jednocześnie utrzymywać tarcie w łożyskach na możliwie niskim poziomie.

Dla uzmysłowania sobie, jak ciężkie warunki stawiane są przez powyższe okoliczności olejowi turbinowemu, rozpatrzmy nieco bliżej pracę oleju w łożyskach, pracujących przy wielkich prędkościach obwodowych czopów. Gdy wał znajduje się w spoczynku, to, spoczywając na bardzo małej powierzchni panewki (panewka ma średnicę nieco większą niż czop, więc nie leży on na całej powierzchni jej dolnej połówki) czop wyciska z pod siebie olej i leży bezpośrednio na metalu. Pozostała część czopa jest jakby oblepiona olejem. Jeśli teraz czop zaczyna się obracać, to przylegający doń olej jest wciągany pomiędzy czop a panewkę. Wskutek tego czop się nieco unosi ku górze i wisi w oleju, nie stykając się bezpośrednio z metalem panwi.

Taki obraz otrzymamy wtedy, gdy olej jest wciągany pod czop przynajmniej z prędkością i siłą równą tej, z jaką jest stamtąd wyciskany przez ciężar wirnika. Aby to miało miejsce, lepkość oleju względem żelaza musi być dostatecznie wielką, gdyż w przeciwnym razie olej będzie z powierzchni czopa ścierany, a praca tarcia czopa o metal panewki jest znacznie większą niż w wypadku, powiedzmy, pływania czopa w oleju.

Otóż przyczepność oleju do żelaza zmniejsza się w miarę wzrostu temperatury i, szczególnie przy wielkich prędkościach w łożyskach, krótkotrwałe nawet przerwanie się warstwy olejowej, otaczającej czop, może łatwo spowodować takie nagrzanie panewki i oleju, że zatarcie łożyska stanie się niemal nieuniknione.

Z drugiej znów strony olej zbyt chłodny stawia znacznie większy opór poruszającemu się w nim czopowi, co powoduje zwiększenie strat energii mechanicznej na pokonanie tarcia w łożyskach. Normalnie biorąc, oleje turbinowe posiadają najlepsze właściwości przy temperaturach leżących między 40 a 60°C, gdyż w tych warunkach przyczepność ich do żelaza jest dostatecznie wielka, a tarcie wewnętrzne jednych cząsteczek oleju o inne—małe. W łożyskach turbin mamy raczej do czynienia z poślizgiem jednych warstwek oleju po innych, niż ze ślizganiem się metalu po oleju.

Reasumując powyższe, należy utrzymywać temperaturę oleju dopływającego do łożysk około czterdziestu paru

stopni i pilnie obserwować zarówno temperaturę oleju uchodzącego do chłodziń jak i temperaturę łożysk. Temperatura tych ostatnich nie powinna przekraczać $80 - 90^{\circ}\text{C}$, gdyż już przy tej temperaturze smarność olejów turbinowych jest bardzo mała na skutek zwiększonej ich płynności i zanikania przyczepności do żelaza, wskutek czego stajemy tu na granicy, przy przekroczeniu której łatwo może nastąpić zatarcie i wytopienie panewek.

Pojęcie granicznej temperatury łożysk jest dla turbin dosyć elastyczne. Dopuszczanie takich lub innych temperatur zależy od rodzaju stosowanych smarów i typu maszyny oraz od przebiegu wzrostu temperatury. Naogół, jeżeli temperatura łożysk podnosi się bardzo wolno, np. wskutek związanej z panującym upałem wysokiej temperatury wody chłodzącej olej, i na pewnej, bliskiej 80°C wysokości się ustala, a nie możemy już zwiększyć ani obiegu oleju, ani też jego chłodzenia, to można turbinę pędzić tak dalej, a tylko należy ze zdwojoną pilnością obserwować, czy łożysko dalej się nie grzeje. Jeżeli wzrost temperatury jest dość prędkiej, należy natychmiast zawiadomić o tem kierownika, a w razie jego nieobecności bezwzględnie zatrzymać maszynę. To samo należy uczynić, i to niezwłocznie, jeżeli się zauważy nagły skok temperatury któregośkolwiek z łożysk. Należy wówczas turbinę momentalnie wyłączyć, zamknąć zawór doprowadzający parę i wlewać z podręcznego zapasu olej do zagrożonego łożyska. Jeżeli pomimo to temperatura łożyska dalej wzrasta należy skrócić czas zatrzymywania się turbiny drogą zniesienia próżni w skraplaczu, wpuszczając powietrze przez dławnicę (zamknąć parę do dławnic), a nawet zatrzymując maszyny kondensacyjne.

Ten ostatni sposób może być stosowany tylko w razie grożącego turbinie wytopienia łożysk. Poleca się wtedy, po ostatecznem zatrzymaniu się turbiny głównej, ponownie uruchomić na kilka minut maszyny kondensacyjne, ażeby turbinę osuszyć.

Olej poza smarowaniem łożysk służy w turbinie jeszcze do poruszania serwowatoru, a w wielu wypadkach i do bezpośredniego przestawiania zaworów regulacyjnych. Każda z tych czynności jest nader ważna dla prawidłowego działania maszyny, to też olej musi być otoczony specjalną

opieką. W równych odstępach czasu ustalonych na mocy doświadczenia, np. raz lub dwa razy na miesiąc, należy brać próbki oleju będącego w użyciu i sprawdzać drogą analizy chemicznej ilość znajdujących się w nim zanieczyszczeń i wyniki badań notować w postaci wykresu. Jeżeli badanie chemiczne jest w danym zakładzie trudne do przeprowadzenia, należy w takich samych odstępach czasu brać próbki do niewielkich probówek i te zachowywać u siebie przez czas dłuższy, ażeby, obserwując zmiany barwy oleju, móc wnioskować o jego przydatności.

Jeżeli w taki czy inny sposób zauważymy, że w oleju zaczynają się gromadzić zanieczyszczenia, należy olej spuścić i oczyścić, a nie dolewać świeżego dla „rozwodnienia” zanieczyszczeń. Rozkład oleju postępuje zazwyczaj z początku bardzo wolno i niemal niedostrzegalnie, lecz gdy już raz powstanie w nim pewna ilość związków smołowych itp. zanieczyszczeń, rozkład zachodzi coraz prędzej, rozprzestrzeniając się w całej masie oleju jak zaraza. Otóż, zostawiając olej zanieczyszczony i dolewając doń olej świeży, przedłużamy jego przydatność na bardzo krótki okres czasu, gdyż olej świeży zostaje zatruty zanieczyszczeniami i starzeje się bardzo szybko. W ten sposób zwiększamy jedynie niepotrzebnie rozchód oleju i następnie niesłusznie oskarżamy dostawców oleju o zły jego gatunek.

O ile warunki ruchowe na to pozwalają, należy z chwilą zauważenia zanieczyszczeń w oleju daną maszynę zatrzymać, olej spuścić i starannie oczyścić np. odwirować, a cały system olejowy to jest rury, serwomotory, łożyska, chłodniki olejowe, zbiornik itp. otworzyć i wyczyścić z wszelkich drobnych bodaj śladów zanieczyszczeń.

Nie jestem zwolennikiem czyszczenia systemu olejowego sposobem chemicznym, gdyż pozostałe w nim drobne bodaj ilości chemikaliów mogą zatruć najlepszy nawet olej. Najlepiej, moim zdaniem, jest postępować w sposób następujący. Rury, chłodnice olejowe itp. mniej precyzyjne części systemu olejowego należy zdemontować i przedmuchać silnym strumieniem pary, a następnie dobrze wyczyścić ścierkami namoczonymi ewentualnie w benzynie, poczem przedmuchać je parą powtórnie dla odparowania benzyny i zmontować z powrotem. Bawełny i strzępiących się szmat

używać do czyszczenia systemu olejowego nie należy, gdyż mogą w nim pozostać kłaczki, które, zatykając następnie drobne otworki systemu, mogą spowodować nieobliczalne straty.

Łożyska, serwomotory i inne bardziej precyzyjne części maszyny należy czyścić tylko ścierkami, co najwyżej lekko zwilżonemi benzyną, a jeszcze lepiej namoczonymi w czystym oleju, gdyż olej czysty dobrze rozpuszcza zanieczyszczenia smołowcowe.

Dopiero po zmontowaniu wyczyszczonego systemu olejowego i starannem sprawdzeniu, czy jakie ciała obce się doń nie przedostały, można go ponownie napełnić wyczyszczonym olejem. Wtedy mamy gwarancję, że rozkład oleju zostanie na czas dłuższy zatrzymany.

Jezeli zakład nie posiada specjalnych urządzeń do czyszczenia oleju, dość dobre wyniki daje sposób następujący. Olej spuszcza się do wąskiego a wysokiego naczynia, stojącego w ciepłym miejscu, i pozostawiamy go tam przez kilka dni. Następnie przez kurek, znajdujący się w dnie naczynia, spuszcza się osadzającą się na dole wodę i zanieczyszczenia tak długo, aż się ukaże czysty olej. Gdy to nastąpi, kurek ten zamykamy i otwieramy inny, znajdujący się przynajmniej na wysokości 20 cm od dna, i wypuszczamy z niego olej czysty. Naczynie to musi pozostawać w zupełnym spokoju, a oleju czerpać nie należy, gdyż przy czerpaniu olej ponownie wymiesza się z zanieczyszczeniami.

§ 2. Badanie mechanizmu rozrządu parowego i regulatora bezpieczeństwa.

Oba te mechanizmy powinny być w każdej turbinie otoczone specjalną opieką, gdyż od ich sprawności zależy istnienie maszyny oraz bezpieczeństwo życia obsługi.

Podczas normalnego ruchu maszyny nie przy nich robić właściwie nie można poza dobrem ich smarowaniem i obserwowaniem pracy zaworów regulacyjnych podczas zmian obciążenia. Ruchy tych ostatnich powinny mieć charakter płynny i zupełnie skoordynowany ze zmia-

nami obciążenia, a nie odbywać się skokami, nadążającymi z większym opóźnieniem za zmianą ilości obrotów. Podobne nieprawidłowości w działaniu rozrządu parowego mogą mieć swoje źródło w zanieczyszczeniach lub zbyt wielkich luzach w regulatorze obrotów, lub też w wytworzeniu się na wrzecionach zaworów względnie w cylindrach olejowych (o ile naturalnie są przy danym systemie stosowane) narostów ze zwięzłego względnie przypalonego oleju, albo też wyżarć w materjale.

Jeżeli nieprawidłowości te nie są zbyt wielkie, a odstąpienie maszyny sprawia trudności, można próbować zaradzić złemu w jeden z następujących sposobów.

Gdy na mocy obserwacji dojdziemy do wniosku, że zaburzenia pochodzą od regulatora, należy osłonić go bodaj arkuszami papieru dla uniknięcia zachłapania otoczenia i łać doń podwójną lub nawet większą ilość czystego oleju. Najlepiej jest to robić, gdy regulator pracuje, gdyż wtedy coraz to nowe jego części są odsłaniane. Jeżeli zacina się regulator było spowodowane dostaniem się do jego mechanizmu kurzu lub t.p. zanieczyszczeń, w większości wypadków taka kąpiel wystarczy do ich spłukania i maszyna się uspakaja. O ile uspokojenie jest tylko chwilowe, jest to niemal pewnym wskaźnikiem, że zaburzenia są powodowane powstaniem zbyt wielkich luzów pomiędzy częściami regulatora. Nadmiar oleju chwilowo zapełnia te luzy i powoduje uspokojenie, lecz następnie z nich uchodzi i przestaje działać hamująco na drgania. Wtedy nie pozostaje nic innego, jak turbinę zatrzymać i regulator całkowicie zrewidować, oczyścić i luzy usunąć. Przy okazji zatrzymania maszyny, oczyścić należy z osadu względnie przeszlifować wrzeciona zaworów oraz starannie przejrzeć całą przekładnię dźwigniową czy też olejową pomiędzy regulatorem obrotów a zaworami regulacyjnymi.

Gdy praca regulatora jest prawidłowa, a zacinają się zawory, to rzadko kiedy da się uniknąć zatrzymania turbiny. Można próbować ostatecznie czy przeszkoda nie usunie się sama przez częste zmuszanie zacinającego się zaworu do pracy. Gdy obciążenie maszyny znajduje się w pobliżu tego, przy którym daje się zauważyć zacinać się danego zaworu, można przedstawiając regulator względnie popy-

chając w tą lub inną stronę sam zawór, zmuszać go do wielokrotnego przechodzenia przez ten punkt, w którym się zaciął. O ile przeszkoda w ruchu zaworu nie jest trwała, może to spowodować jej częściowe usunięcie, ale z drugiej znów strony szczególnie bezpośrednio popychanie zaworów regulacyjnych jest zawsze połączone z niebezpieczeństwem i takich prób nie można polecać. Lepiej jest ostatecznie nawet podczas ruchu turbiny wrzeczono zaworu z osadu oskrobać i naoliwić, a przy pierwszej sposobności turbinę zatrzymać i rozrząd dokładnie naprawić.

Podczas koniecznej z różnych względów pracy turbiny, której rozrząd parowy działa nieprawidłowo, powinna ona być otoczona specjalną opieką, a do obsługi jej wyznaczać należy ludzi, posiadających dostateczne doświadczenie i umiejących szybko się orjentować i decydować.

Zawory regulowane ręcznie, a szczególnie zawór odcinający parę pod wpływem regulatora bezpieczeństwa, należy przynajmniej raz na tydzień nieco pokręcić, aby się upewnić, że się nie zacinają.

Nie mniej żywotną częścią turbiny jest regulator bezpieczeństwa służący jako ostatnia deska ratunku w wypadkach, w których zawiedzie lub nie zdąży dostatecznie prędko przymknąć zaworów regulator obrotów. Z tego też względu musi on być poddawany stałej kontroli, polegającej głównie na sprawdzaniu, czy zanieczyszczenia olejowe nie unieruchomiły ciężarka, mającego w stosownej chwili spowodować zatrzaśnięcie głównego zaworu. Wystarczy tu naogół sprawdzenie, czy pod normalnym naciskiem daje się on przestawić, i oczyszczenie go z osadów olejowych. Jeżeli z powodu konieczności ciągłego ruchu turbiny tego rodzaju sprawdzenie jest niemożliwe, należy przynajmniej raz na jeden lub dwa miesiące wyzyskać możliwość chwilowego bodaj odłączenia od sieci elektrycznej generatora i przeprowadzić zasadniczą próbę działania regulatora bezpieczeństwa, która się winna odbyć w sposób następujący.

Najsprawniejszy z obsługi ustawia się w możliwie dogodny sposób przy regulatorze obrotów i przestawia go w kierunku zwiększenia liczby obrotów turbiny drogą zwiększania naciągu jego sprężyny głównej, lub też naciskając na dźwignię, prowadzącą od regulatora do suwaczka

od serwowatoru w ten sposób, ażeby serwowator otwierał zawory regulacyjne. Należy to robić tak, ażeby liczba obrotów rosła stopniowo, a nie skokami. Drugi z obsługi, staje przy głównym zaworze manewrowym tak, ażeby widział tachometr i, by w razie gdy regulator bezpieczeństwa zawiedzie, mógł z pod tego zaworu wyrwać zapadkę, względnie zamknąć go ręcznie. Trzeci pracownik, obejmujący kierownictwo nad całą próbą, staje w sposób, pozwalający na dobre obserwowanie tachometru i jednocześnie słyszenie zatrzaśnięcia się zaworu głównego. Jest on odpowiedzialny za przebieg próby i wydaje stosowne polecenia pozostałym, i, w razie gdy regulator bezpieczeństwa zawiedzie, a zapadka ręcznie wyrwać się z pod zaworu nie da, powinien pomóc w ręcznym zamykaniu zaworu manewrowego, gdyż przedstawiający regulator ma zwykle utrudnione dostatecznie prędkie dojście do tego zaworu. Jeżeli regulator bezpieczeństwa przy przepisowej liczbie obrotów (około 110% normalnej) nie wybije, nie należy pod żadnym pozorem przed doprowadzeniem go do porządku brać turbiny do ruchu.

Sprawdzanie prawidłowego działania serwowatoru powinno być również co pewien czas przeprowadzane. Odbywa się ono w ten sposób, że przy zamkniętym głównym zaworze manewrowym wpusz za się przy pomocy stosownego mechanizmu olej raz na jedną stronę tłoka serwowatoru a drugi raz na odwrotną i obserwuje, czy ruchy jego są w obu wypadkach płynne tj. czy tłok się przy pewnych położeniach nie zacina¹⁾). Jednocześnie należy też obserwować sposób otwierania się i zamykania zaworów regulacyjnych i, w razie dostrzeżenia nieprawidłowości, niezwłocznie je usunąć.

Wszelkie tu omawiane badania regulacji powinny być powtarzane periodycznie, a ze szczególną uwagą należy je przeprowadzać po dłuższych okresach nieprzerwanego ruchu

¹⁾ Można też w tym celu usunąć zapadkę z pod głównego zaworu odcinającego parę i, gdy spadek obrotów tylko na to pozwoli, z powrotem ją ustawić. Wtedy serwowator odbywa pełny skok w obie strony i wszelkie nieprawidłowości w jego działaniu dają się łatwo zauważyć.

lub postoju turbiny: Oleje wystawione przez dłuższy czas w cienkiej warstwie na działanie powietrza utleniają się i gęstnieją w takim stopniu, że mogą unieruchomić części mechanizmu regulacyjnego, co z kolei łatwo doprowadza do katastrofy.

To wszystko, co mówiłem w poprzednim paragrafie o obsłudze i czyszczeniu układu olejowego w odniesieniu do smarowania łożysk, odnosi się w równej mierze i do olejowej części rozrządu parowego. Tu jednak zasada zachowania czystości i uwagi przy czyszczeniu i ponownem montowaniu poszczególnych części mechanizmu musi być stosowana w jeszcze wyższym stopniu, gdyż kanały olejowe są znacznie węższe, a więc łatwiej mogą ulec zatkanie, a sam mechanizm stanowi najprecyzyjniejszą część turbiny. Zatkanie się przewodów olejowych lub zacięcie się którejkolwiek z części rozrządu parowego lub regulatora bezpieczeństwa może być przyczyną ciągłych postojów turbiny a nawet katastrofalnego w skutkach rozbiegania się jej, gdy np. przy zmniejszaniu obciążenia zawory pozostaną otwarte i wpuszczą do turbiny nadmierną ilość pary.

§ 3. Uderzenia wodne w turbinie.

Uderzenia wodne w turbinach parowych nie mają tak niebezpiecznego charakteru, jak to ma miejsce w maszynach tłokowych, w których nieściśliwa niemal woda, zamknięta w cylindrze, powoduje jego rozsądzenie lub zniszczenie mechanizmu korbowego. Nie mniej jednak są one dla turbin również niepożądane z przyczyn następujących. Prędkość pary w turbinie wyraża się w setkach metrów na sekundę. Jeżeli więc nieco większa ilość wody zostanie przez parę porwana, to, chociaż prędkość wody jest niemal dwa razy mniejsza niż pary, uderza ona o łopatki z prędkością równą mniejwięcej prędkości kuli rewolwerowej. Przy większych zaś prędkościach uderzenia wody są niemal równie twarde jak uderzenia stali gdyż woda jest bardzo mało ściśliwa, a krople jej są nieelastyczne, tak że wprawdzie wywrą na materiał łopatek całą niemal swą energję kinetyczną, aniżeli rozbiją się na mało szkodliwy pył wodny.

Obraz powstający wewnątrz turbiny parowej podczas uderzenia wodnego jest zatem podobny do sytuacji, jaką wytworzyłoby ostrzeliwanie jej wirnika z karabinu maszynowego, a nikt nie może wymagać, ażeby taką próbę wytrzymała najmocniej bodaj zbudowana turbina. Pogarsza tu sprawę ta okoliczność, że wystarcza większe odkształcenie jednej bodaj łopatki, ażeby nastąpiło zatarcie wirnika o części nieruchome i w turbinie wytworzyła się tak zwana sałata. Widziałem już w swojej praktyce turbinę o mocy 6000 kW, która miała w ten sposób wyłamane lub pocięte wszystkie łopatki wirnikowe oraz kompletnie rozbite na kawałki trzy tarcze kierownicze.

Ze względu na tak wielkie niebezpieczeństwo, uderzenia wodne wymagają specjalnego omówienia.

Zasadniczo można podzielić je na dwie grupy: do pierwszej należą uderzenia mające swoje źródło w samej turbinie, a do drugiej — pochodzące z kotłowni i rurociągów parowych.

Wiele turbin posiada ze względów konstrukcyjnych liczne miejsca, w których może się zbierać woda zarówno podczas ich postoju jak i dłuższej pracy przy niepełnem obciążeniu. Do takich miejsc należą przede wszystkim: a) korpusy zaworów przeciążających oraz, w razie regulacji ilościowej, — zaworów, otwierających się dopiero przy pełnem obciążeniu turbiny; b) przestrzenie, otaczające pierścieniowo część wysokoprężną za pierwszemi stopniami ciśnienia, a służące do wpuszczania pary świeżej przy przeciążaniu maszyny; c) rury łączące poszczególne kadłuby turbin wielokadłubowych; d) przestrzenie i rury służące do pobierania pary z turbin itp.

Wszystkie te miejsca powinny być starannie odwodnione drogą połączenia ich rurkami z przestrzeniami, w których panuje niższe ciśnienie. Rurki odwadniające należy prowadzić z naturalnym spadkiem w kierunku przepływu odprowadzanej wody, a znajdujące się na nich zawory nie powinny być nigdy zamykane. W wypadkach konieczności chwilowego ich zamknięcia, następna zmiana pracowników musi być o tem zawiadomiona. Podczas postoju turbiny należy sprawdzić, czy która z rurek odwad-

niających nie jest zatkana i w razie stwierdzenia, że tak się stało, należy rurkę przeczyścić.

Niedostateczne odwodnienie tych miejsc turbiny może spowodować przy nagłych zmianach obciążenia porwanie przez parę takich ilości wody, że „sałata“ w turbinie będzie nieunikniona.

Uderzenia wodne pochodzące z kotłowni mogą przede wszystkim powstać: a) przy tak zwanem pienieniu się wody w kotłach; b) przy utrzymywaniu na rusztach jednego i tego samego kotła ognia o niejednakowem natężeniu (silniejsze pędzenie kotła jednym bokiem powoduje ustalanie się dużej różnicy poziomów w górnych walczakach, co przy dążeniu do wyrównania się tych poziomów, pociąga za sobą silne wahanie się poziomu wody a nawet wyrzucanie jej rurą wylotową, zwane pluciem); c) przez niedostateczne przegrzanie pary na jednym bodaj z pracujących kotłów, gdy temperatura jej spada niemal do temperatury wrzenia przy danem ciśnieniu i zachodzi obawa, że nie wszystka porywana z parą woda w przegrzewaczu odparuje; d) przy nieumiejętnem i zbyt szybkim włączaniu do ruchu kotłów i przewodów parowych oraz e) przy zbyt gwałtownem obciążaniu elektrowni.

Na bliższe omówienie wszystkich wymienionych poprzednio powodów uderzeń wodnych nie mam tu miejsca. Nie mniej jednak muszę zwrócić uwagę na przyczynę wymienioną pod e). Jeżeli mamy włączoną do ruchu pewną ilość kotłów, pracujących przy pewnej określonej wydajności pary z metra kwadratowego powierzchni ogrzewalnej i nagle zwiększymy zapotrzebowanie pary o duży procent, spowoduje to spadek ciśnienia w rurach i kotłach, i może doprowadzić do tak gwałtownego zagotowania się wody, że zostanie ona rzucona wraz z parą do rur parowych. Odnosi się to szczególnie do kotłów o paleniskach rusztowych, gdyż dostatecznie prędkie dla utrzymania ciśnienia w kotłach zwiększenie na nich ognia może być niemożliwe. Kotły opalane pyłem węglowym są w danym wypadku mniej wrażliwe, gdyż wystarcza w nich włączenie dalszych palników lub silniejsze forsowanie palników będących w ruchu, ażeby natężenie paleniska momentalnie dostosowało się do chwilowego zapotrzebowania pary.

Również muszę tu omówić możliwość spowodowania uderzenia wodnego w wypadku rzucenia wody do rur przez jeden tylko kocioł, gdy inne pracują prawidłowo i dają dostateczne przegrzanie. Zdawałoby się, że woda, dostawszy się do pary o znacznie wyższej temperaturze, powinna w niej odparować i zniknąć zanim dojdzie do turbiny. Należy tu jednak pamiętać, że para w rurach ma prędkość przekraczającą nieraz 60 m/sek , wobec czego większe ilości wody nie mają zazwyczaj czasu na odparowanie i para wysoko nawet przegrzana może nieść w sobie wodę znacznie od niej zimniejszą.

Możliwości uderzeń, spowodowanych przez wodę niesioną z kotłowni zdają się przeczyć odwadniacze i garnki kondensacyjne założone na rurach zarówno w kotłowni, jak i przed samą turbiną. Są one jednak zdolne zatrzymać tylko niewielkie ilości wody, w wypadku zaś porwania większego jej ładunku, uderza ona o ścianki przy takiej prędkości, że rozpryskując się napewno trafi i do rur prowadzących parę do turbiny.

Ze względu zatem na obawę uderzeń wodnych, spowodowanych przez kotłownię, do obowiązku obsługi turbin należy obserwowanie temperatury pary dolotowej i natychmiastowe alarmowanie obsługi kotłów w razie zauważenia większego jej obniżenia.

Uderzenia wodne są zazwyczaj krótkotrwałe i z tego powodu bywają często przyczyną katastrof, w których jest trudno ustalić, kto ponosi za nie odpowiedzialność: obsługa turbin czy kotłów. Niestety nie znam dotychczas dostatecznie czułych termometrów rejestrujących, ażeby mogły zanotować, trwające nieraz tylko parę sekund, obniżenie się temperatury pary, wywołane znajdowaniem się w niej wody, a taka notatka stanowiłaby niezbity dowód. W każdym bądź razie nie jestem zwolennikiem stosowania tu termometrów, notujących temperaturę co pewien okres czasu, gdyż spadek jej może nastąpić między jednym wskazaniem a drugim i wcale nie być zarejestrowany.

§ 4 Uruchamianie turbin i kondensacji.

Przy normalnym ruchu elektrowni najniebezpieczniejszy dla turbin jest okres ich uruchamiania i z tego względu musi on być specjalnie omówiony. Nie widzę niestety możliwości dania w tym kierunku takich instrukcyj, które możnaby z jednakiem powodzeniem stosować do wszystkich turbin, gdyż każdy ich typ wymaga w tym okresie nieco innego traktowania. To też ograniczę się tu jedynie do wyjaśnienia wpływu na zachowanie się głównych części turbin tj. ich kadłubów i wirników dwu zasadniczych sposobów uruchamiania turbin.

Ogólnie biorąc, nie radzę stosować przy uruchamianiu turbin pomysłów własnych, domowych, lub próbować przydatności przepisów, wydanych dla pewnych turbin, do turbin różniących się od nich czy to pod względem systemu, czy też wielkości. Należy pamiętać o tem, że fabryka, specjalizująca się przez długie lata w budowie turbin określonego systemu, zna daleko lepiej ich właściwości, niż najbardziej nawet doświadczony ruchowiec.

Pomiędzy wirnikiem a kadłubem i innymi nieruchomymi częściami turbiny powinny być dostatecznie wielkie luzy. Otóż jeżeli zmontujemy turbinę w stanie zimnym to i tak, z powodu niejednakowego wydłużania się różnych jej części pod wpływem ciepła, luzy te ulegną zmianie. Jeżeli w dodatku pozwolimy, aby ciepło rozeszło się w turbinie podczas jej uruchamiania nierównomiernie, to luzy te mogą nawet zupełnie zaniknąć, a to już bezwzględnie prowadzi do katastrofalnego w skutkach zatarcia. Należy zatem dążyć do tego, ażeby w chwili uruchamiania turbiny mieć pewność, że ciepło rozeszło się w niej możliwie równomiernie na całym obwodzie i podniosło mniej więcej w jednakowym stopniu temperaturę zarówno wirnika jak i kadłuba. Obie te części wydłużą się wtedy niemal jednakowo, zaczem luzy zachowają swe wymiary prawie niezmienione.

Ażeby zapewnić w chwili ruszania turbiny zachowanie pomiędzy poszczególnymi jej częściami stosownych luzów, turbiny podgrzewa się w większości wypadków przed uruchomieniem, wpuszczając do nich parę przez zawory lub dławnice i dopiero gdy temperatura na całej długości turbiny dostatecznie wzrośnie, pozwala się jej ruszyć.

Zachodzi przy tem następujące niebezpieczeństwo. Gorąca o niewielkiem ciśnieniu para (parę dławi się w zaworach, przez co jej prężność spada niemal do panującej w turbinie), jako lżejsza od znajdującego się w turbinie powietrza, wypełnia przedewszystkiem górną połowę kadłuba i bardziej ją wraz ze znajdującą się w niej połową wirnika nagrzewa, aniżeli dolną. Z tego powodu cała górna część turbiny wydłuża się bardziej, aniżeli dolna i tak kadłub jak i wirnik mogą się do pewnego stopnia wypaczyć, a wał turbiny zgiąć. Ażeby zapobiec wygięciu się wirnika, które może spowodować zatarcie się turbiny, należy, o ile tylko turbina stosowne urządzenie posiada, wirnik podczas jej nagrzewania obracać. W ten sposób osiągnie on na całym obwodzie niemal jednakową temperaturę. Obracanie wirnika sprzyja w dodatku nagrzaniu się dolnej połowy kadłuba, a więc zmniejsza obawę o jego wypaczenie się.

Drugą trudność stanowi tu ta okoliczność, że temperatura pary obniża się podczas dławienia bardzo mało, wskutek czego nawet przez część niskoprężną przepływa podczas podgrzewania turbiny para daleko cieplejsza, aniżeli nawet w wypadku krańcowego jej przeciążenia przy jednoczesnem zwiększeniu ciśnienia wylotowego. Może to spowodować tak silne przegrzanie tej części turbiny, że powstaną w niej niebezpieczne naprężenia. Z tego powodu *przy podgrzewaniu turbiny nigdy nie należy iść dalej, niż tego wymaga konieczność*. Temperatura kadłuba w części średnioprężnej powinna być mniej więcej taka, jak podczas normalnej pracy turbiny i lepiej jest podgrzewać turbinę wolno lecz równomiernie, wpuszczając parę raczej przez dławnice niż przez zawory.

Podgrzewanie turbiny podczas jej postoju musi być uważane tylko jako wstępne, gdyż podczas niego ciepło nigdy nie rozejdzie się zupełnie równomiernie po całym jej obwodzie. Rozprowadzenie ciepła po całym obwodzie turbiny zachodzi właściwie dopiero w ciągu pierwszych paru minut po jej ruszeniu, i dlatego nie powinno się nigdy, szczególnie maszyn dużych, odrazu doprowadzać do pełnych obrotów, lecz należy z początku utrzymywać obroty na możliwie niskim poziomie, i dopiero po paru minutach stopniowo zwiększać aż do pełnych.

Drugi sposób uruchamiania turbin różni się tem od opisanego, że przy nim odpada okres wstępnego pod-

grzewania turbiny podczas postoju. Zatem, stosując go, ruszamy turbiną w stanie zimnym, i zdławiwszy parę, utrzymujemy turbinę przy możliwie niskich obrotach tak długo, dokąd się ona nie nagrzej, poczem zwiększamy stopniowo obroty aż do normalnych.

Ten sposób uruchamiania turbin jest szybszy i zasadniczo lepszy, gdyż z jednej strony odpada czas jałowego grzania turbiny, a z drugiej—para nagrzewa turbinę od samego początku równomiernie na całym obwodzie. Ma on jednak jedno wielkie „ale”. Ażeby turbina ruszyła, zawór manewrowy musi być podniesiony dosyć wysoko, czyli wtedy przepływa przez turbinę silny strumień pary i nagrzewa ją bardzo prędko. Jeżeli zatem pozwolimy parze płynąć przez turbinę zbyt długo zanim ona ruszy, to możemy o wiele łatwiej spowodować te same następstwa, jak przy nieumiejętnem stosowaniu sposobu poprzedniego.

Niebezpieczeństwo jest tu daleko większe w wypadku turbin zasilanych tylko na części obwodu, gdyż w nich para nie rozejdzie się po całym kadłubie i będzie grzać turbinę stosunkowo wąskim pasem. W wypadku zaś turbin zasilanych na całym obwodzie niebezpieczeństwa ogrzewania ich na wąskim tylko pasie prawie niema, o ile tylko nie przeholować w ostrożności przy otwieraniu zaworu manewrowego i nie przegrzać wskutek tego turbiny.

Krótko mówiąc, należy przy ruszaniu turbiną bez uprzedniego jej podgrzewania postępować w sposób następujący. Zawór główny podnieść tak wysoko, ażeby turbina ruszyła odrazu, szybko go zamknąć, a następnie o tyle tylko uchylić, ażeby turbina nie stanęła ponownie i utrzymywać przez parę minut możliwie najmniejszą liczbę obrotów, a gdy turbina się podgrzeje, stopniowo podnosić jej obroty aż do przepisowych. Gdy to nastąpi, zawór podnieść zupełnie.

Przed uruchomieniem turbiny, szczególnie po dłuższym jej postoju, należy: a) bardzo starannie zbadać cały rozrząd parowy i sprawdzić czy regulator bezpieczeństwa nie został unieruchomiony przez zakrzepły na nim olej; b) otworzyć bardziej aniżeli to ma miejsce podczas normalnego ruchu wszystkie przewody odwadniające tak samą turbinę, jak i rury doprowadzające do niej parę (nie poprzedzać na

normalnem działaniu garnków kondensacyjnych, lecz otworzyć zawory, służące do ominięcia takowych, ażeby para w tych rurach nie była w zupełnym zastoju); c) sprawdzić poziom oleju w zbiorniku; d) uruchomić pomocniczą pompkę olejową i pędzić ją, dokąd właściwa pompa olejowa nie zacznie dawać dostatecznie dużych ilości oleju; e) przed ruszeniem turbiny sprawdzić, czy olej dochodzi do wszystkich łożysk w ilościach dostatecznych; f) gdy turbina już jest w ruchu i temperatura oleju doszła do około 40 do 50°C — puścić wodę do chłodnic olejowych.

Biorąc ogólnie, należy turbinami kondensacyjnymi ruszać na kondensację, a nie na wolny wydmuch. Z powodu nagrzania się skraplacza ponad zwykłą normę i następnie prędkiego ostygnięcia przy ruszaniu kondensacji, szczelność jego może uciepnieć. Jeżeli zajdzie konieczność ruszania elektrowni pracującej z kondensacją, lecz mającej do jej napędu tylko motory elektryczne i nie mogącej chwilowo otrzymać prądu z zewnątrz, to należy uruchomić na wolny wydmuch najpierw najmniejszą i najkrócej budowaną turbinę zapełniwszy poprzednio jej skraplacz wodą, i, gdy tylko można ją obciążyć, ruszyć kondensacją, włączając pompy cyrkulacyjne stopniowo, ażeby jej skraplacza zbyt gwałtownie nie ochłodzić. Następnie turbinami ruszać od razu na kondensację.

Turbiny przeciwpężne należy uruchamiać na wolny wydmuch, gdyż tak ruszają lżej i mniej się grzeją, a urządzenia odbiorcze dla pary wylotowej i tak nie mogą z niej korzystać, dokąd turbina nie jest w pełnym ruchu.

Przy ruszaniu turbiną pracującą z pobieraniem pary należy takowe z podobnych względów wyłączyć.

Ponieważ większa część turbin jest budowana jako turbiny kondensacyjne, a uruchamianie kondensacji jest, w razie nieumiejętnego obchodzenia się z nią, połączone z niebezpieczeństwem poważnego jej uszkodzenia, pozwolę sobie na tem miejscu uczynić kilka uwag, dotyczących najważniejszych pod tym względem szczegółów.

(D. c. n.).