

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.

(Por. *Technika Ciepła* Nr. 9, str. 80).

§ 5. Zatrzymywanie turbin oraz ich konserwacja w czasie postoju.

Zatrzymywanie turbin, jako takie, jest łatwe i nie daje na ogół okazji do bezpośredniego ich uszkodzenia. Po odłączeniu generatora od sieci i zamknięciu dopływu pary, należy tylko uważać, ażeby olej dopływał do wszystkich łożysk, dopóki wirnik się porusza, a lepiej nawet jest utrzymywać pomocniczą pompkę olejową w ruchu ze dwie minuty jeszcze po zatrzymaniu turbiny, gdyż sprzyja to przepłukaniu kanałów olejowych z zanieczyszczeń oraz odprowadzeniu ciepła od łożysk i wału turbiny.

Natomiast jeśli chodzi o zachowanie turbiny przez długi okres czasu w dobrym stanie, to sposób jej zatrzymywania odgrywa bardzo ważną rolę. Mianowicie zatrzymywanie powinno być tak przeprowadzane, ażeby mieć wszelką pewność, że z chwilą, gdy wirnik przestanie się obracać, turbina jest wewnątrz zupełnie sucha. W przeciwnym razie połączone działanie ciepła, pary i powietrza wytwarza najdogodniejsze warunki dla prędkiego zżerania wnętrza turbiny przez rdzę

i w ten sposób sprzyja skróceniu czasu jej przydatności do pracy.

Zastanawiając się nieco nad zachowaniem się pary i wody, znajdujących się w turbinie po odcięciu dopływu pary świeżej, łatwo dojdziemy do wniosku następującego. Ponieważ wewnątrz turbiny przyjmuje podczas jej pracy temperaturę, zbliżoną do temperatury omywającej ją pary, więc, jeżeli nie dając turbinie czasu na ostygnięcie, spowodujemy ustalenie się w jej wnętrzu ciśnienia niższego od najniższego z panujących w niej podczas pracy, to wilgoć odparuje, a para podąży ku tym miejscom, w których panuje najniższa temperatura, i tam się skropli. W skutek tego wewnątrz turbiny się osuszy i pozostanie nam tylko usunąć powstające przy tem skropliny, ażeby zapobiec ponownemu nawilżeniu turbiny.

Praktycznie daje się to przeprowadzić dla turbin pracujących na kondensację w sposób następujący. Po zamknięciu dopływu pary świeżej, oraz wszelkich innych przewodów parowych mogących doprowadzić do turbiny parę o niższem ciśnieniu¹⁾, pozostawiamy kondensację w ruchu nie tylko na cały czas zatrzymywania się wirnika, ale i przez kilka minut po jego stanięciu. W ten sposób w całej turbinie ustala się przez ten okres ciśnienie nieróżniące się praktycznie od panującego w skraplaczu, a więc niższe od najniższego z panujących w niej podczas pracy, i turbina się osusza. Aby ciśnienie to mogło spaść tak nisko, należy doprowadzać do dławnic parę uszczelniającą przez cały czas zatrzymywania turbiny i zamknąć ją dopiero na krótko przed zatrzymaniem maszyn kondensacyjnych.

W odniesieniu do turbin przeciwprężnych osuszanie ich podczas zatrzymywania daje się przeprowadzić daleko prościej. Wystarczy odrazu odciąć taką turbinę od pary z obu stron (t. j. od strony dopływu pary świeżej oraz od rur odprowadzających parę odlotową), zamknąć parę do dławnic i połączyć wewnątrz turbiny z zewnętrzną atmosferą zanim się wirnik zatrzyma. Ponieważ wewnątrz turbiny przeciwprężnej ma temperaturę wyższą od stu stopni, a ciśnieniu atmosferycznemu odpowiada temperatura około 100°C, więc cała zawarta w turbinie wilgoć prędko odparuje.

¹⁾ Odnosi się to zastrzeżenie do turbin pracujących z pobieraniem pary.

Dla uniknięcia pozostania w zakamarkach turbiny wilgoci pomimo zastosowania przy jej zatrzymywaniu opisanego tu sposobu, należy pamiętać o konieczności zupełnego otwarczenia wszystkich przewodów odwadniających jeszcze przed odcięciem dopływu pary świeżej. Ponadto, poleca się w kilka minut po ostatecznym zatrzymaniu turbiny obrócić wirnik kilka razy, o ile naturalnie istnieje stosowne urządzenie. Para, skraplając się w turbinie, może osiąść w zagłębieniach łopatek i powstała w ten sposób woda pozostanie tam jak w łyżkach, ponieważ ilość ciepła zawartego w materjale łopatki może nie wystarczyć do odparowania tych skroplin.

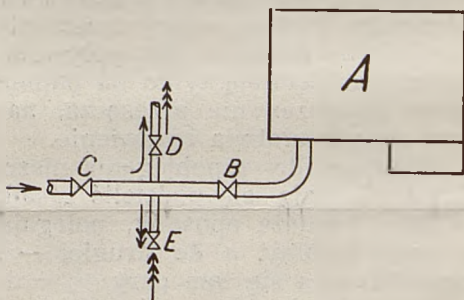
Bez względu na wagę osuszania turbin przy ich zatrzymywaniu, najstaranniejsze nawet ich osuszenie okazuje się tylko chwilowem i, jeśli chodzi o konserwowanie turbiny podczas jej dłuższego postoju, niewystarcza dla zabezpieczenia turbiny przed rdzewieniem pod wpływem wilgoci. Zawory zupełnie szczelne istnieją tylko na papierze, a w praktyce para zawsze się przez nie przesącza, nawilża wnętrze turbiny i w ten sposób ułatwia rdzewienie.

Metody, zdążające do zapobiegania niszczeniu wnętrza turbiny przez wilgoć, dają się podzielić zasadniczo na dwie grupy. Do pierwszej należą sposoby, polegające na usuwaniu wilgoci z samej turbiny, a do drugiej — na niedopuszczaniu do przedostawania się tam pary.

Sposoby, należące do grupy pierwszej, są, mojem zdaniem, gorsze, gdyż dopuszczają wilgoć do wnętrza turbiny i usuwają ją stamtąd zazwyczaj co pewien okres czasu, czyli gdy się już nazbiera większa jej ilość. Innemi słowy, stosując je, pozwalamy wilgoci oddziaływać przez pewien czas na metal turbiny. Do takich sposobów należy przepędzanie co pewien czas przez znajdującą w rezerwie turbinę powietrza. Do tego celu potrzebny jest parowy lub elektryczny grzejnik powietrza, silny wentylator oraz rury o dość, dużym przekroju, których przeprowadzenie jest nieraz bardzo trudne.

Zasada sposobów, należących do grupy drugiej, polega na tem powszechnem prawie natury, że każdy ruch odbywa się w kierunku najmniejszego oporu. Jeżeli zatem przesączająca się para spotka na swej drodze przejście dogodniejsze od prowadzącego przez nieszczelności zaworów regulacyjnych do wnętrza turbiny, to skieruje się tamtędy, a turbinę ominie.

Schemat najprostszego i najtańszego, a jednak dającego dostatecznie dobre wyniki urządzenia tego rodzaju widzimy na rys. 24. *A* oznacza turbinę, *B* — główny zawór manewrowy, *C* — zawór w przewodzie parowym, *D* — skierowaną do góry rurkę około 50 *cm* długości i zaopatrzoną u dołu w dobrą zasuwę, a *E* — króciec z zasuwą skierowany nadół. Króciec *E* należy przymocować pomiędzy zaworami *B* i *C* w najniższym punkcie łączącej je rury, a kominek *D* o ile możliwości bezpośrednio nad *E*. Odgałęzienia *D* i *E* powinny mieć 25 do 50 *mm* w świetle. Strzałki pojedyncze wskazują kierunek przepływu sączącej się w rurze wody, podwójne — wypływu zbierającej się wody, a potrójne — przepływu powietrza.

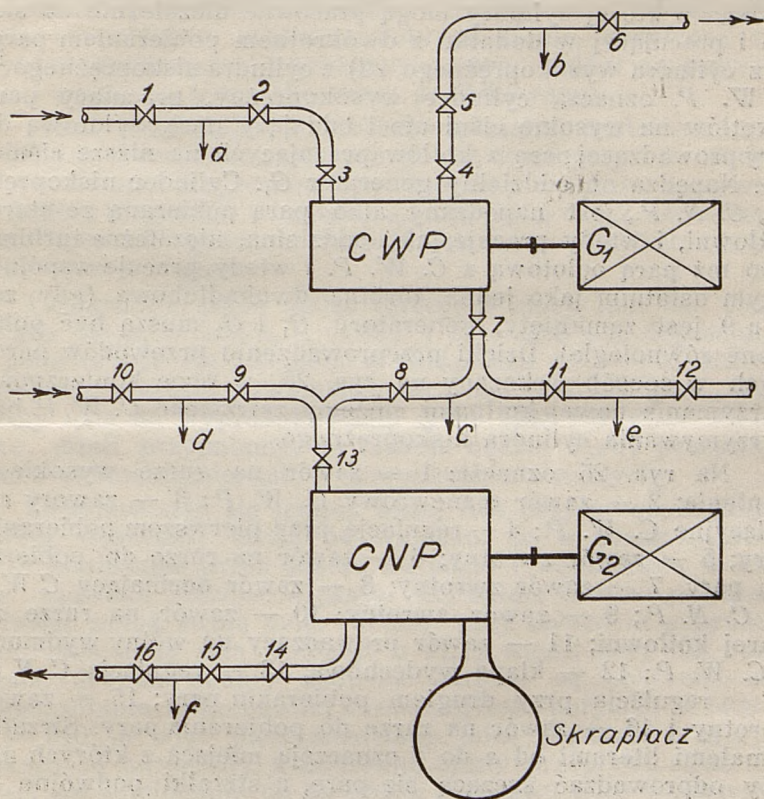


Rys. 24

Osobiście polecić mogę następujące urządzenie, które stosowałem w praktyce z zupełnym powodzeniem. Za zasuwą króćca *E* (rys. 24) ustawiłem eżektor wodny, będący w stanie obniżyć w rurze łączącej zawory *B* i *C* ciśnienie bodaj o kilka *cm* słupa wody poniżej atmosferycznego. Eżektor ten, jeżeli nieszczelności zaworu *C* są małe, nietylko wysie parę sączącą się przez ten zawór, lecz ssąc przez nieszczelność zaworu *B* powietrze z turbiny zapobiega do pewnego stopnia zbieraniu się w niej tej wilgoci, która się mogła tam na innej drodze przedostać.

Jedyną trudność przy stosowaniu tego sposobu stanowi określenie ilości pary, którą eżektor ma wyssać. Dla turbin o mocy 10.000, a nawet 22.000 *kW*, wystarczał mi najzupełniej eżektor o średnicy króćca parowego, wynoszącej 30 *mm*.

Ze względu na zmniejszenie kosztów ruchowych tego urządzenia napędzałem eżektory wodą chłodzącą, pobieraną przed skraplaczami turbin będących w ruchu i znajdującą się pod ciśnieniem około 8 m słupa wody. Rurę odprowadzającą wodę z eżektora wprowadzałem aż pod wodę w kanale



Rys. 25

prowadzącym wodę chłodzącą. Dzięki temu ssące działanie eżektora zwiększało się o całą wysokość słupa wody, który się w tej rurze ustalał. Kominka *D* tu nie dawałem, gdyż

jest on w danym wypadku nie tylko zbędny, ale jeszcze utrudniałby pracę eżektora.

Dla wskazania miejsc, w których należy stosować odprowadzanie sączącej się przez nieszczelności zaworów pary, umyślnie podaję na rys. 25 schemat połączeń parowych turbiny specjalnie skomplikowanej, a mianowicie compound, tj. takiej, w której cylindry mogą pracować niezależnie od siebie i pracującej w dodatku z dwukrotnem pobieraniem pary: 1) z cylindra wysokoprężnego i 2) z cylindra niskoprężnego¹⁾. *C. W. P.* oznacza cylinder wysokoprężny, pracujący parą z kotłów na wysokie ciśnienie i oddający parę wylotową do rury prowadzącej parę z kotłów pracujących na niższe ciśnienie. Napędza on oddzielny generator G_1 . Cylinder niskoprężny, *C. N. P.*, jest napędzany albo parą pobieraną ze starej kotłowni, i wtedy pracuje jako oddzielna, niezależna turbina, albo też parą odlotową z *C. W. P.* i wtedy pracuje wspólnie z tym ostatnim jako jedna turbina dwukadłubowa (gdy zawór 9 jest zamknięty, generatory G_1 i G_2 muszą być połączone równolegle). Dzięki przeprowadzeniu przewodów parowych w sposób wskazany na rys. 25, w razie konieczności zatrzymania nowej kotłowni możemy zatrzymać *C. W. P.* bez zatrzymywania cylindra niskoprężnego.

Na rys. 25 oznacza: 1 — zawór na rurze wysokiego ciśnienia; 2 — zawór manewrowy *C. W. P.*; 3 — zawory regulacyjne *C. W. P.*; 4 — regulację przy pierwszym pobieraniu pary; 5 — zawór zwrotny; 6 — zawór na rurze do pobierania pary, 7 — zawór zwrotny; 8 — zawór odcinający *C. W. P.* od *C. N. P.*; 9 — zawór zwrotny; 10 — zawór na rurze ze starej kotłowni; 11 — zawór prowadzący na wolny wydmuch z *C. W. P.*; 12 — kłapa wydechowa; 13 — regulacja *C. N. P.* 14 — regulacja przy drugim pobieraniu pary; 15 — zawór zwrotny i 16 — zawór na rurze do pobierania pary. Strzałki z małymi literami od *a* do *f* oznaczają miejsca z których należy odprowadzać sącząca się parę, a strzałki podwójne — kierunek przepływu pary.

¹⁾ Turbina taka jest do pomyslenia w fabryce chemicznej, które elektrownia, mająca jeszcze niezłe kotły niskoprężne, przechodzi przy okazji rozbudowy na ciśnienie wyższe, a rozszerzająca się jednocześnie fabryka chemiczna potrzebuje do celów produkcyjnych pary o ciśnieniu wyższem od ciśnienia starej kotłowni.

Gdy *C. W. P.* stoi, a *C. N. P.* pracuje, wszystkie zawory aż do 8 winny być zamknięte, a odprowadzanie pary w miejscach *a*, *b* i *c* uruchomione.

§ 6. Czyszczenie skraplaczy.

Ażeby podkreślić znaczenie utrzymywania skraplaczy, a więc i próżni w możliwie dobrym stanie, przytoczę tu przykład liczbowy, uwypuklający wpływ próżni na zużycie pary i węgla na jednostkę mocy produkowanej.

Jeżeli, rozprężając w turbinach specjalnie dostosowanych do danych warunków parowych pewną ilość pary od ciśnienia $p_1 = 14 \text{ ata}$ i temperatury $t_1 = 340^\circ$ do $p = 0,5 \text{ ata}$, otrzymamy 1000 *kW* godzin, to rozprężając ją do $p = 0,2 \text{ ata}$, otrzymamy 1206 *kW* godz., a rozprężając do $p = 0,05 \text{ ata}$ otrzymamy 1468 *kW* godz.

I odwrotnie, jeżeli mając turbinę o mocy 1500 *kW* zbudowaną dla $p_1 = 14 \text{ ata}$, $t_1 = 340^\circ$ i $p_2 = 0,05 \text{ ata}$, dopuścimy do podniesienia się ciśnienia w skraplaczu do $p = 0,2 \text{ ata}$, to ilość pary, z której powinniśmy otrzymać 1500 *kW* godz., wystarczy nam do wyprodukowania tylko 1233 *kW* godz., a i to tylko, jeżeli przyjmiemy, że turbina będzie wtedy pracować równie ekonomicznie, jak w warunkach normalnych.

Zastanawiając się jednak bliżej nad przytoczonym przykładem, dojdziemy łatwo do wniosku, że w rzeczywistości straty poniesione przez zakład na parze i węgla będą w danym wypadku jeszcze większe. Normalnie turbina powinna wydawać pełną swoją moc. Wtedy przy założeniu poprzednim, musiałaby ona pobierać o 21,7% więcej pary niż normalnie. Jednak kanały wlotowe turbiny są obliczone na przepuszczanie tylko pewnej normalnej ilości pary o $p_1 = 14 \text{ ata}$ i $t_1 = 340^\circ$, a więc para musiałaby mieć prędkość o 21,7% większą od normalnej, a ponieważ opory przepływu są mniej więcej proporcjonalne do kwadratu prędkości więc wzrosłyby one o 48,2% (gdyż $1,217^2 = 1,482$), czyli para traciłaby na ich pokonanie o 48,2% więcej energii. Poza to prędkość wypływu pary z pierwszego rzędu kierownic czy też dysz musiałaby tu być o 22% większa od normalnej, a więc przepływ jej przez pierwsze kanały wirnika też nie odbywałby się prawidłowo, co powodowałoby dalsze straty.

Tak przedstawia się sprawa po stronie wysokoprężnej natomiast w części niskoprężnej byłoby jeszcze gorzej, gdyż objętości przepływającej pary, a więc i jej prędkości byłyby mniejsze od przewidzianych i na zewnętrznym obwodzie końcowych łopatek wirnika mogłoby zachodzić nawet częściowo działanie hamujące.

Streszczając się, można śmiało przyjąć, że zużycie pary a więc i węgla na 1 kW godz. byłoby w danych okolicznościach przynajmniej o 25% większe od normalnego, a spowodowane wskutek tego straty bardziej obciążałyby koszta produkcji, aniżeli koszta związane ze starannem i systematycznym czyszczeniem skraplaczy.

Zanieczyszczenie skraplaczy powierzchniowych od strony wody chłodzącej pochodzi stąd, że woda nigdy nie jest zupełnie czysta. Zawiera ona w sobie różne ciała, jak n. p. piasek i szlam, osadzające się w rurkach skraplaczy w postaci luźnego mułu, oraz sole wapnia i magnezu, które powodują tak zwaną twardość wody i w zetknięciu się z ciepłymi ściankami rurek wydzielają się na nich, tworząc t. z. kamień kotłowy. Zarówno luźny muł jak i kamień kotłowy są złymi przewodnikami ciepła i, izolując rurki, utrudniają odbieranie przez wodę chłodzącą ciepła od pary wylotowej a więc i samo jej skraplanie. Na skutek tego para może się skroplić dopiero wtedy, gdy jej temperatura wzrośnie o tyle, że znów potrzebna ilość ciepła przeniknie przez ścianki rurek do wody. Temu wzrostowi temperatury pary odpowiada stosowne podniesienie się ciśnienia w skraplaczu, a więc i większe zużycie węgla.

Z powyższego wyraźnie wynika konieczność okresowego czyszczenia skraplaczy. Czyszczenie to powinno się odbywać co pewien, dający się na mocy doświadczenia dla każdej elektrowni indywidualnie ustalić, okres czasu, chociażby poza psuciem się próżni nic więcej na to nie wskazywało, że dana turbina musi ulec zatrzymaniu.

Czyszczenie od luźnego mułu nie następuje trudności. Wystarczy tu przepłukanie rurek silnym strumieniem wody lub sprężonego powietrza. Jeżeli muł jest tak kleisty, że to nie wystarcza, należy rurki czyścić elastycznymi szczotkami stalowymi w rodzaju „Columbus”, wypłukując jednocześnie odbity muł wodą. W tym celu szczotki należy umocowywać na końcu rurek żelaznych, które w czasie czyszczenia dopływa woda pod ciśnieniem około dwóch atmosfer.

Nie wiele trudniejsze jest usuwanie cienkiej, nie przekraczającej 0,5 do 1 mm, skorupki kamienia kotłowego. Tu też najlepiej nadają się elastyczne szczotki stalowe.

Używanie do usuwania kamienia z rurek skraplaczy wiertel, mających ostre krawędzie boczne, oraz wiertel stożkowych nie jest wskazane. Kamień jest zazwyczaj znacznie twardszy od materiału używanego na rurki skraplacza i łatwiej takim wiertłem uszkodzić rurkę niż rozkruszyć kamień. W razie konieczności przewiercania rurek zarośniętych grubą warstwą kamienia należy do tego celu używać narzędzi o następującej budowie. Ostrze powinno być zwrócone wprost w kierunku osi drążka, na którym jest osadzone, i powinno mieć dostatecznie długie i sztywne prowadzenie, mieszczące się z luzem około 1 mm wewnątrz rurki skraplacza, co zapobiega zbczeniu ostrza i przebiciu rurki. Najlepiej, moim zdaniem, nadają się tu wiertła rurowe, posiadające na koronie około czterech dość długich lecz niezbyt grubych i skierowanych do przodu zębów.

Przez rurkę, stanowiącą obsadę wiertła, należy doprowadzać wodę pod ciśnieniem ażeby pokruszony kamień był wypłukiwany. Przewiercanie rurek na sucho jest znacznie trudniejsze i powolniejsze i przeważnie prowadzi do ich zniszczenia. Przyrządy stosowane do usuwania kamienia z rur kotłowych, a mające charakter frezów lub tym podobnych narzędzi osadzonych na elastycznym wale i napędzanych motorem, nie nadają się tu zupełnie, gdyż dziurawią cienkościenne rurki skraplacza.

Jeżeli kamień jest gruby i twardy, a czas na to pozwala, najlepiej jest czyścić skraplacze w sposób następujący. Po otworzeniu skraplacza należy luźny muł usunąć z rurek silnym strumieniem wody i skraplacz zamknąć ponownie, doprowadziwszy doń dwie rury: jedną do górnej, a drugą do dolnej części przestrzeni wodnej. W oddzielnym zbiorniku przygotować 3% roztwór kwasu solnego z czystą wodą i przy pomocy pompy odpornej na działanie kwasu solnego wprowadzić go do skraplacza. Kwasu tego powinno się przygotować taką ilość, ażeby wypełnić całą przestrzeń wodną skraplacza i jeszcze mieć pewien zapas w zbiorniku. Gdy skraplacz zostanie zalany kwasem solnym, zaczynają się wydzielać wielkie ilości gazu (dwutlenku węgla), które należy odpro-

wadzać oddzielną rurą ustawioną powyżej najwyższego rzędu rurek skraplacza. Kwas dobrze jest utrzymywać w ciągłym ruchu, przepędzając go przez skraplacz przy pomocy pompy. Należy przytem brać co pewien czas próbkę kwasu do szklanki i, zanurzwszy w niej kawałek takiego samego kamienia kotłowego, jak znajdujący się w skraplaczu, sprawdzać czy kwas jest dostatecznie mocny. Jeżeli z chwilą zanurzenia w szklance kamienia gaz wydziela się dość energicznie, a ze skraplacza uchodzi już tylko w niewielkich ilościach, oznacza to, że kamień w skraplaczu został niemal zupełnie zniszczony. Jeżeli zaś gaz przy tak przeprowadzonej próbie się nie wydziela, należy do rozczyну dodać kwasu (nierozcieńczonego) i jeżeli wtedy uchodzenie gazów ze skraplacza się wzmoże, przepędzać kwas przez skraplacz w dalszym ciągu.

Nie należy przeprowadzać czyszczenia kwasem solnym aż do zupełnego zniszczenia kamienia. Kamień osadza się nierównomiernie i zanim jego resztki w najbardziej zatkniętych rurach zostaną zniszczone, kwas zaatakuję już oczyszczone rurki mosiężne, rozpuszczając w mosiądzu, z którego są wykonane, cynk. Powoduje to takie kruszenie materiału, że rurki mogą pękać nawet już przy przepłukiwaniu ich strumieniem wody.

Gdy wydzielanie się gazu traci na sile, choć kwas jeszcze na kamień działa, należy kwas jeszcze przez pewien czas przez skraplacz przepędzać, nie dodając świeżego, a następnie dla zneutralizowania resztek kwasu wsypać doń wapna i całą zawartość skraplacza spuścić.

Jeżeli do czyszczenia skraplaczy brak kwasoodpornej pompy można do skraplacza przymocować dwie rury skierowane wylotami ku górze, i ustawione ponad górnym rzędem rurek oraz rurkę do odprowadzania gazów i skraplacz napełnić trzy procentowym kwasem solnym. Ta metoda jest równie skuteczna jak i poprzednia, ale czyszczenie trwa znacznie dłużej, gdyż niema tu silnej cyrkulacji, dzięki której kamień kotłowy jest ciągle opłukiwany z osłaniającego go mułu i wystawiany na nieprzerwane działanie kwasu.

Dalsze czyszczenie skraplacza odbywa się sposobami stosowanymi w wypadku osiadania w nim tylko mułu względnie bardzo cienkiej skorupki kamienia.

Po każdym czyszczeniu należy sprawdzić szczelność skraplacza, gdyż z jednej strony zachodzi możliwość obluźnienia końców rurek w ścianach sitowych, a z drugiej — przedziurawienia względnie przeżarcia rurek kwasem.

Najmniej czasu zabiera sposób, polegający na wypełnieniu wodą przestrzeni parowej skraplacza powyżej najwyższego rzędu rurek i obserwowania, czy i skąd woda wycieka. Poleca się przed zalaniem skraplacza wodą osuszyć ściany sitowe i przedmuchać rurki sprężonym powietrzem, gdyż wtedy drobne nawet nieszczelności występują wyraźnie.

O wiele dokładniejszym jest sposób, polegający na wytworzeniu w przestrzeni parowej skraplacza próżni drogą wyssania powietrza, przy pomocy pompy próżniowej względnie eżektora. Nieszczelności duże powodują charakterystyczny świst, a małe można łatwo wykryć, prowadząc w pobliżu ściany sitowej płomień, który zostaje zasysany do nieszczelnych rurek.

Szczelność skraplaczy powinno się sprawdzać nietylko po ich czyszczeniu. Należy kontrolować ją stale podczas ruchu turbiny. W razie nieszczelności, brudna woda chłodząca jest zasysana do przestrzeni parowej skraplacza i następnie wraz ze skroplinami tłoczona do kotłów. Powoduje to wzrost twardości wody zasilającej i, co zatem idzie, szybsze zarastanie kotłów kamieniem, co pogarsza ich działanie, a nieraz nawet staje się przyczyną poważnych uszkodzeń kotłów. Ściany kotła zarośniętego kamieniem są źle chłodzone wodą i nieraz rozgrzewają się do czerwonego żaru, przy której to temperaturze żelazo ma znacznie mniejszą wytrzymałość i może być łatwo rozsądzone ciśnieniem panującym w kotle.

Kontrola szczelności podczas ruchu polega na badaniu twardości wody wysysanej ze skraplacza. Gdy skraplacz jest zupełnie szczelny, woda ta pochodzi tylko ze skroplonej pary i twardość jej równa się zeru, jeżeli zaś twardość jest bodaj trochę wyższa od zera, świadczy to o przedostawaniu się do przestrzeni parowej skraplacza wody chłodzącej. O ile twardość skroplin dojdzie do 0,5 niemieckich stopni twardości, turbinę należy zatrzymać i nieszczelności skraplacza usunąć.

§ 7. Okresowa rewizja turbin.

Nie jestem zwolennikiem nadmiernie częstego rozbierania i ponownego składania jakichkolwiek maszyn, nie mniej jednak turbiny winny podlegać okresowym rewizjom, które należy przeprowadzać w odstępach czasu, zależnych od miejscowych warunków pracy oraz od stopnia staranności stałego nad nimi nadzoru, a wynoszących od jednego do dwóch lat. Należy na ten cel przeznaczać o ile można czas, w którym elektrownia, wskutek małego obciążenia, posiada dostateczną rezerwę w maszynach, ażeby móc rewizję i powrotny montaż przeprowadzić starannie i bez specjalnego pośpiechu, gdyż drobne bodaj zaniedbania przy montowaniu turbiny mogą pociągnąć za sobą nieobliczalne skutki. Poleca się też do robót, związanych czy to z rewizją, czy z naprawami przeprowadzanymi przy danej turbinie, posiłkować się ludźmi obsługującymi ją podczas normalnego ruchu, gdyż z jednej strony znają oni najlepiej jej braki, a z drugiej, zapoznawszy się z wewnętrznym urządzeniem turbiny, będą ją obsługiwać z większym zrozumieniem i zainteresowaniem.

Przed przystąpieniem do otwierania turbiny dobrze jest dać jej dostatecznie ostygnąć, a śruby, przed odkręceniem namoczyć olejem, te zaś, co do których może zachodzić obawa zardzewienia gwintu lub przedostania się doń kitu uszczelniającego, zwietrzałego oleju i tp., naftą. Ma to na celu ułatwienie ich odkręcania, gdyż większość śrub w turbinie jest tem bardziej dociśnięta, im gorętsza jest łączona niemi część turbiny, a rdza i tp. powoduje nieraz tak mocne zażarcie się gwintu, że odkręcenie śruby czy też nakrętki bez uszkodzenia staje się niemożliwe.

Ważne jest tu ustalenie kolejności w której poszczególne części turbiny mają być demontowane. Zależy ona przede wszystkim od budowy danej turbiny. Ogólnie można powiedzieć, że najpierw powinny być zdjęte wszystkie drobne przyrządy i łączące je części, następnie blaszana osłona kadłuba oraz części, łączące przedmioty demontowane z pozostawianymi na miejscu a demontowanymi oddzielnie (np. połączenia między regulatorem obrotów a serwo-motorem).

Po zdjęciu blaszanej osłony należy starannie oczyścić kadłub turbiny z kurzu, odpadających kawałków izolacji itp.

zanieczyszczeń i dopiero wtedy przystąpić do kolejnego demontowania poszczególnych części. Przytem najpierw powinno się zdjąć regulator obrotów oraz cały rozrząd parowy wraz z serwomotorem, a pozostałe po ich zdjęciu otwory natychmiast zakryć conajmniej grubym papierem i papier ten dobrze przymocować. Dotyczy to wogóle wszelkich otworów, które w miarę demontowania turbiny są odsłaniane.

Gdy już wszystkie drobniejsze części oraz połączenia zostały zdjęte, można przystąpić do otwierania kadłuba turbiny. Jest to robota najtrudniejsza do przeprowadzenia, gdyż daje w razie drobnego bodaj niedopatrzania, najwięcej okazji do uszkodzenia łopatek zarówno wirnikowych, jak i kierowniczych, szczególnie gdy chodzi o turbiny reakcyjne o długiej budowie i znacznej średnicy wirników. Z tego też powodu należy się jej bliższe omówienie.

Wyjawszy wszystkie śruby łączące obie połówki kadłuba turbiny, należy założyć śruby odciskające oraz sworznie służące do prowadzenia górnej jego połowy przy robotach montażowych. Sworznie te powinny być obsadzone w sposób uniemożliwiający im drobne bodaj chwianie się i starannie nasmarowane dość gęstym smarem. Ma to zabezpieczyć od kołysania się i zacinalania górnej części kadłuba podczas jej podnoszenia.

Do podwieszania górnej połówki kadłuba na haku żorawia można przystąpić dopiero wówczas, gdy te roboty wstępne zostaną ukończone¹⁾. Liny używane do tego winny być uprzednio starannie obejrzone, a te ich części, które będą się bezpośrednio stykać z materiałem haka lub wieszaków kadłuba, poleca się dosyć grubo owinąć workami i ewentualnie, o ile miejsce na to pozwala, podłożyć między linę a hak oraz wieszaki kawałki grubej i twardej skóry pasowej odpowiednio ukształtowanej, albo odpowiednio grubej lecz dość elastycznej blachy. Powyższe ma na celu zapobieganie łamaniu się, zgniataniu i t. p. uszkodzeniom liny o nie zawsze odpowiednim łukiem zaokrąglone krawędzie obejmowanych części. Linę należy zakładać tak, ażeby się nigdzie nie skręcała ani nie tarła, a co najważniejsze, ażeby na haku zwoje liny nie leżały na innych i nie przesuwwały

¹⁾ O ile żoraw ma więcej niż jedną prędkość podnoszenia, należy przy wszelkich robotach montażowych włączyć najmniejszą.

się pod obciążeniem ani po sobie ani po haku. Liny należy nieco naprężyć i ostatecznie wyrównać przed dźwiganiem, a do piero potem podjechać hakiem nieco wyżej, ażeby linom dać już silne naprężenie, ale połówek kadłuba żórawiem nie rozłączać. Teraz wszystkie śruby odciskające dokręcić i spowodować oddzielenie się górnej połowy kadłuba od dolnej, a następnie dźwignąć ją nieco żórawiem.

Skoro kadłub zawiśnie już na linach, sprawdzić, czy we wszystkich miejscach odległość pomiędzy kołnierzami jego połówek jest zupełnie jednakowa względnie, czy poziomnica ustawiona na obrobionej powierzchni dźwiganej połówki ustawia się we wszystkich kierunkach jednakowo dobrze do poziomu. Jeżeli nie, hak opuścić i dotąd manewrować linami, dopóki kadłub przy podnoszeniu nie zawiśnie zupełnie poziomo. Przy tem powinno się powodować niewielkie jego odchylenia od poziomu i sprawdzić, czy pod działaniem własnego ciężaru wraca do położenia poziomego, gdyż zacięcie się na sworzniach prowadzących może być powodem chwilowej pozornej równowagi.

Ostatecznie podnosić kadłub można dopiero wówczas, gdy jego poziome położenie jest zupełnie zapewnione. Poleca się jednak posuwać się do góry możliwie wolno i, dobrze oświetlając wnętrze turbiny, pilnie obserwować, czy kadłub względnie kierownice nie zaczepiają o wirnik. Może to nastąpić pomimo wszystkich omówionych powyżej ostrożności w razie odkształcenia się podczas pracy którejkolwiek z części turbiny, a niezwracanie na to uwagi łatwo prowadzi do zniszczenia nie tylko tej części, lecz i części sąsiednich.

Po otworzeniu turbiny przystępujemy zazwyczaj do otworzenia łożysk, rozłączenia sprzęgła i wyjęcia wirnika. To ostatnie nastrocza zazwyczaj trudności, podobne do spotykanych przy zdejmowaniu kadłuba, i z tego względu wszystkie uwagi, dotyczące podwieszania na haku żórawia, odnoszą się w całej rozciągłości i do wirnika z tem jeszcze obostrzeniem, że liny nie mogą się nigdzie stykać z łopatkami. Zazwyczaj do podwieszania wirnika na haku służy specjalne urządzenie. Przy braku takiego urządzenia, należy pod hakiem zawiesić poziomo belkę posiadającą na obu końcach rozwidlenia i nie pozwalającą linom zetknąć się z łopatkami wirnika. Ażeby belka ta nie mogła się przekręcić lub

wyśliznąć, końce jej należy w sposób niezawodny zmocować ze zwisającymi od haka linami. Sama belka, o ile jest drewniana, musi mieć końce ściągnięte obręczami lub kilkoma zwojami grubego drutu, ażeby liny, wcinając się w nią, nie spowodowały jej rozszczepienia.

Gdy turbina jest już rozebrana, należy dokładnie zbadać stan i przeprowadzić naprawę następujących części²⁾:

a) Wirnik.

Należy starannie oczyścić od osadu, przyczem twarde osady, znajdujący często między łopatkami wirnika, należy usuwać delikatnie, bez uciekania się do pomocy dłuta i młotka, gdyż przy tem łatwo obluźować same łopatki względnie łączące je druty lub bandaże.

Same łopatki dokładnie obejrzyć i w razie zauważenia większych uszkodzeń, dokładnie je opisać i sfotografować lub porobić odciski gipsowe, zaznaczając na kole wirnikowym (względnie na bębnie), np. przy pomocy punktaka, te łopatki o które chodzi. W ten sposób otrzymuje się dla następnej rewizji dokładny materiał porównawczy.

W razie zauważenia uszkodzeń groźących oberwaniem się samej łopatki, czy też bodaj jej części (n. p. wystrzępienie krawędzi łopatek, zagrażające odrywaniem się kawałków metalu), należy łopatkę lub jej krawędzie wyciąć względnie spiłować.

Wycinanie łopatek, szczególnie długich i ciężkich prowadzi zazwyczaj do utracenia przez wirnik wyważenia i zmusza wskutek tego do wycięcia tej samej ilości łopatek z tegoż ich rzędu po stronie średnicowo przeciwległej. W wypadku jednak zauważenia uszkodzeń groźących odpadnięciem całej łopatki, czy też znacznej jej części lub bandaża, pozostawienie ich na miejscu jest karygodną lekkomyślnością, gdyż może spowodować bardzo poważne uszkodzenia turbiny.

Niewielkie zagięcia krawędzi łopatek wirnikowych można wyklepać lekkim młoteczką, podłożywszy od wkleśłej strony łopatki stosownie ukształtowane żelazo, i następ-

²⁾ Omawiam tu zasadniczo te naprawy, które, mając dostatecznie dobrze wyszkolony personel, można przeprowadzić siłami miejscowymi, bez sprowadzania monterów od dostawcy turbiny.

nie pilnikiem wyrównać. Te jednak czynności można powie-
rzać tylko bardzo wprawnemu i starannemu ślusarzowi,
a w razie braku takiego pracownika, lepiej tych zagięć nie
ruszać.

Odpadnięcie kawałka bandaża na łopatkach stosunko-
wo krótkich (do 60 względnie 70 *mm*) niebezpieczne dla
dalszego ruchu turbiny nie jest i pociąga za sobą zazwyczaj
tylko nieco większe zużycie pary. Natomiast w razie oder-
wania się bandaża z łopatek długich nie radziłbym brać tur-
biny do ruchu bez uprzedniego porozumienia się z fabryką.

Po obejrzeniu i doprowadzeniu do porządku łopatek,
należy starannie oczyścić z osadu czopy, usunąć z nich
wszelkie ślady najdrobniejszych bodaj zadrasnień, a miejsca,
w których były uszkodzone, zapolerować.

O ile wirnik posiada tłoki odciążające, znajdujące się
na nich labirynty naprawić należy dopiero po ponownem
wstawieniu wirnika do kadłuba turbiny, gdyż dopiero wtedy
można sprawdzić dokładnie (o ile się nie posiada precyzyj-
nych przyrządów pozwalających do mierzenia dużych śred-
nic), czy luzy pomiędzy niemi, a odnośną częścią kadłuba
posiadają przepisowe wymiary.

Praktyczny sposób sprawdzania wielkości tych luzów
w kierunku promieniowym polega na ułożeniu w odpowied-
niej części kadłuba drutu z miękkiego ołowiu około 2 *mm*
średnicy i następnie wstawieniu wirnika na miejsce. Gru-
bość zgniecionych części drutu daje dokładnie wielkość luzu.
Można do tego celu użyć też kitu lub t. p. Stosowanie do
tego celu długich pasków z blachy o ściśle określonej gru-
bości uważam za niezupełnie dobre, gdyż przy ręcznem wy-
kańczeniu grzebieni labiryntowych często się zdarza, że luz
nie jest na całym obwodzie jednakowy i taki pasek zatrzyma
się tam, gdzie luz jest najmniejszy, a o kilka centymetrów
dalej luz może znacznie przekraczać dozwolone granice.

Przy rewizji wirnika należy również starannie oczyścić
wszystkie części, znajdującego się na nim zazwyczaj regu-
latora bezpieczeństwa i sprawdzić, czy się nie zacina.

(D. c. n.).