

Miarkowanie zespolone (centralne) ogrzewań parowych i parowo-wodnych.

Zamiennym jest objawem, że ogrzewanie wodne, aczkolwiek w urządzeniu od 25 do 40% droższe od ogrzewań parowych, mimo to wypiera je coraz bardziej, zwłaszcza w zastosowaniu do mieszkań. Rzecz prosta, iż przyczyną tego objawu są pewne, w dotychczasowych wykonaniach jeszcze usunąć się nie dające niedostatki ogrzewań parowych; a jednak, gdyby przez zarządzenie owym niedomaganiom ogrzewania te dały się doprowadzić do takiej samej doskonałości, jaką odznaczają się ogrzewania wodne, to techniczny postęp tego rodzaju stanowiłby zarazem i poważny krok naprzód pod względem ekonomicznym, pozwalając corocznie zaoszczędzać miliony, tracone obecnie na urządzenie droższych ogrzewań wodnych, zamiast tańszych parowych.

Aby sobie uprzytomnić, że oszczędności wspomniane mogą dosięgać istotnie sum bardzo pokaźnych, dość będzie wskazanie na tę okoliczność, że n. p. w Niemczech budują corocznie ogrzewań skupionych (centralnych) za około sto milionów marek, a obrót handlowy Królestwa Polskiego w tej gałęzi techniki dosięga bądź co bądź paru milionów rocznie. Doprowadzenie ogrzewań parowych do istotnej doskonałości mogłoby z sum powyższych zaoszczędzać chociażby po kilka procent, przedstawia ono zatem sprawę ekonomicznie dostatecznie doniosłą, aby nią zająć Panom te czterdzieści minut czasu, jakie przewodniczący na mój odczyt wyznaczył.

Dotychczasowe ogrzewania parowe obarczone są trzema wadami, a mianowicie:

1. Nie można w nich zmieniać wydajności wszystkich grzejników sposobem zespolonym, t. j. centralnie, lecz tylko dla każdego grzejnika oddzielnie. Skutkiem tego braku pokoje przegrzewają się bardzo często ponad istotną potrzebę, albowiem mieszkańcy zauważają zazwyczaj zbyt późno taki nadmiar wydajności grzejnika, t. j. zauważą go dopiero wtenczas, gdy mieszkanie jest już przegrzane i gdy nadmiar ciepła staje się już dokuczliwym. Tego rodzaju przegrzewanie mieszkań jest nie tylko szkodliwe dla zdrowia mieszkańców, ale nadto powoduje ono bardzo znaczne marnotrawstwo paliwa, skutkiem którego tańsze w urządzeniu ogrzewanie parowe staje się ostatecznie bardziej kosztownem od wodnego, albowiem nadmiar zużywanego paliwa pochłania już w przeciągu kilku zim oszczędności na urządzeniu pierwotnem. Dopiero usunięcie tego braku mogłoby znów uzdolnić ogrzewania parowe do skutecznego spółzawodnictwa z ogrzewaniami wodnemi.

2. Powierzchnie grzejników są znacznie bardziej gorące, aniżeli w ogrzewaniach wodnych, albowiem nawet przy wydajności grzejnika, zmniejszonej przez przymknięcie kurka grzejnikowego, para, wstąpiwszy do grzejnika, wypełnionego częściowo powietrzem, unosi się (jako lżejsza) w górne części grzejnika, skutkiem czego górne części po-

wierzchni zagrzewają się bez mała do 100° C, podczas gdy dolne pozostają prawie chłodnemi. Tej wadzie można już zaradzić środkami znanymi, t. j. przez należyte przemieszywanie pary z powietrzem we wnętrzu grzejnika, albo też sposobem prostszym, który podam pod koniec odczytu; a jeżeli przez zastosowanie takich sposobów ciepło, przynoszone przez parę do grzejnika, rozłoży się możliwie równomiernie na całą jego powierzchnię, to temperatura tej powierzchni będzie znacznie niższa i pozostanie naogół poniżej granic, stawianych przez zdrowotników (hygienistów).

Jedynie przy bardzo silnych mrozach, gdy para musi wypełniać prawie cały grzejnik, aby dostarczyć potrzebną ilość ciepła, temperatura powierzchni grzejnikowych może się znów zbliżać do 100° C. Jednakże wypadki tego rodzaju zdarzają się nie często, albowiem owe mrozy najsilniejsze, na jakie obliczamy ogrzewania, pojawiają się zaledwie przez kilka dni co parę lat, a nieco za wysoka temperatura powierzchni, zdarzająca się tak rzadko i wyjątkowo, nie mogłaby już chyba przemawiać przeciw zastosowywaniu ogrzewań parowych. Zresztą, powiększając stosownie powierzchnie grzejników (a więc i koszt urządzenia), moglibyśmy zapobiedz nawet tej, już mniej doniosłej niedogodności.

3. Zapas ciepła na czas przerwy w opalaniu kotła jest w ogrzewaniach parowych znikomo mały, w ogrzewaniach wodnych natomiast może on być bardzo znaczny, a więc przy zastosowaniu kotłów o wielkiej pojemności, albo oddzielnych zasobników ciepła, t. j. zbiorników wody ciepłej, przyłączonych do sieci rur.

Pod tym względem zdania są jednak podzielone: w Rosyi n. p., odznaczającej się ostreimi zimami (gdzie, gdy mróz raz schwyci, trwa on zazwyczaj dłuższy okres czasu bez przerwy), zapas ciepła w ogrzewaniu uważa się za przymiot prawie niezbędny. Naodwrot w krajach o zimach bardziej zmiennych, zapas taki bywa naogół mniej ceniony, a nawet znaczny zapas ciepła w wodzie, zawartej w samym grzejniku, uważa się poniekąd za wadę, albowiem przy nagłych zmianach temperatury zewnętrznej pożądana natenczas zmiana wydajności grzejnika następuje nie natychmiastowo po stosownem przestawieniu

kurka grzejnikowego, albo innego przyrządu, miarkującego wydajność ciepła, lecz dopiero po upływie dość znacznego czasu.

Zresztą jeżeli chodzi o zapas ciepła na kilka godzin nocnych, podczas których palacz powinien korzystać z zupełnego odpoczynku, to dobre ustroje kotłów o paleniskach zasypnych mogą pracować bez wszelkiej obsługi, a więc nawet bez przeczyszczania rusztów, zależnie od chwilowego natężenia, przez 4 do 8-miu godzin, a więc przez taki sam okres czasu, na jaki oblicza się zazwyczaj zapas ciepła w ogrzewaniach wodnych w Rosyi.

Widzimy zatem, że wady, poruszone pod 2 i 3, są raczej tylko niedostatkami, które dają się łatwo usunąć i że istotną i najważniejszą wadą ogrzewań parowych w dotychczasowem ich wykonaniu jest li tylko niemożliwość należytego miarkowania zespolonego wydajności ciepła z grzejników.

Dlatego też już od dawna siłą się na obmyślenie takiego miarkowania zespolonego: wszelkie jednak dotychczasowe wysiłki w tym kierunku pozostawały bez pożądanego skutku, zdaje się, głównie z tego powodu, że chciano przez stosowne zmiany prężności pary w kotle, albo w głównym przewodzie parowym, zmieniać w jednako wym stosunku wydajność wszystkich przyłączonych grzejników. Skutek zawodził, ponieważ opory ruchu pary między kotłem a poszczególnymi grzejnikami nie tylko że nie są jednakowe, lecz co ważniejsza, nie pozostają one ze sobą nawet w niezmiennych stosunkach wzajemnych: stosunki te zmieniają się w miarę ilości pary przepływającej przez przewody (n. p. skutkiem skraplania się pary w tych przewodach). Starano się opory ruchu do poszczególnych grzejników otrzymać możliwie jednakowe, przez nadanie stosownych wymiarów rur, a skraplaniu zapobiegać wedle możliwości przez staranne otulenie rur od strat ciepła, wszystkie te wysiłki i próby nie doprowadziły jednak do pożądaných wyników. Główną przyczynę tych zawodów widzę przedewszystkiem w tej okoliczności, że czynnikiem miarkującym miały być zmiany prężności tej samej pary, której ilości przepływu do poszczególnych grzejników miały być miarkowane, czyli innemi słowy, że ta sama para, której ilości

miały być miarkowane, miała jednocześnie sama być przenośnikiem zamierzonego miarkowania z punktu centralnego do poszczególnych grzejników.

By uniknąć tego błędu zasadniczego, starczy zastosować zupełnie oddzielny czynnik miarkujący, niezależny od czynnika miarkowanego, a wedle możliwości taki czynnik, któryby po drodze od miejsca centralnego do poszczególnych grzejników albo wcale zmianom nie podlegał, albo przynajmniej tylko zmianom jednakowym dla wszystkich grzejników. Na taki czynnik miarkujący nadaje się zatem n. p. ciśnienie powietrza, prąd elektryczny i t. p.

Z czynników możliwych wybrałem ciśnienie powietrza (albo innego gazu), które z punktu centralnego, skąd się miarkowanie ma nastawiać, przenosi się stosowną siecią przewodów do wszystkich tych punktów (grzejników), gdzie miarkowanie wydajności ma się uskuteczniać. Gdy zmienimy ciśnienie, to w punkcie centralnym rozpoczyna się chwilowy ruch powietrza po sieci, który wszakże niebawem ustaje, gdy tylko nastąpi nowy stan ustalenia, a natenczas ciśnienie we wszystkich punktach sieci powietrznej będzie znów jednakowe, a przynajmniej praktycznie jednakowe. Drobnie bowiem uchybienia, wynikające z wagi słupów powietrznych w przewodach pionowych, są raczej pożyteczne, a bynajmniej nie szkodliwe albowiem skutkiem nich właśnie różnica ciśnień między powietrzem w sieci a atmosferą będzie na wszystkich piętrach jednakowa, a jak się następnie przekonamy, ta właśnie różnica ciśnień jest czynnikiem miarkującym.

Ciśnienie powietrza, nastawione w miejscu centralnem stosownie do chwilowego zapotrzebowania ciepła, przenosi się zatem do grzejników i przeciwstawia się tam ciśnieniu pary, a mianowicie albo bezpośrednio ciśnieniu pary w grzejniku, albo też pośrednio poprzez przeponę, która natenczas przejmuje na siebie dalszą czynność miarkowania¹⁾.

Każda zmiana ciśnienia powietrza w miejscu centralnem wywoła zatem jednakowe

zmiany ciśnienia przy wszystkich grzejnikach, a przeciwstawienie tych jednakowych ciśnień powietrza ciśnieniu pary w grzejnikach (albo przed nimi) przy stosownym układzie, może spowodować zmiany wydajności poszczególnych grzejników, proporcjonalne do ich wydajności największej, a takie właśnie miarkowanie zespolone jest pożądane. Miarkowanie to nie tylko że nie ustępuje w niczem zespolonemu miarkowaniu w ogrzewaniach wodnych, ale przewyższa je nawet pod dwoma mianowicie względami:

Z powodu dość znacznego zapasu ciepła w grzejnikach i sieci ogrzewań wodnych potrzeba też dość znacznego okresu czasu, zanim skutek zamierzonego zmiarkowania nastąpi. W grzejnikach parowych natomiast ów zapas ciepła jest nader mały, tak, że skutek zmiarkowania nastąpi prawie natychmiastowo.

W ogrzewaniu wodnem, gdy, po centralnem zmiarkowaniu pożądanej wydajności grzejników, zamkniemy n. p. kurki przy pewnej liczbie grzejników, to przymknięcie takie spowoduje zwiększenie wydajności u grzejników pozostałych, a więc zmieni wydajność, na jaką zostały zespolenie nastawione. W projektowanym natomiast sposobie miarkowania zespolonego ogrzewań parowych każdy poszczególny grzejnik będzie działał niezależnie od przemykania lub odmykania kurków u grzejników pozostałych, a wydajność jego pozostanie niezmiennie taką, na jaką ją zespolenie nastawiono, dopóki nie przymkniemy lub odemkniemy kurka przy danym grzejniku, a więc dopóki sami nie pożądamy zmiany owej wydajności.

Jeżeli zatem zwykle, parowe ogrzewanie niskoprężne, gdyż o takim tylko tu mowa, zaopatrzymy w omówione miarkowanie zespolone, a nadto grzejniki jego tak urządzimy, aby ciepło doprowadzane rozkładało się możliwie równomiernie po całym obszarze ich powierzchni, to otrzymamy ogrzewanie nie tylko w niczem nieustępujące ogrzewaniom wodnym, ale jeszcze je pod wielu względami przewyższające: koszt urządzenia będzie bowiem mniejszy, dokładność miarkowania większa, a skutek jego następować będzie wcześniej, zamarzanie w czasie dłuższych przerw będzie prawie wykluczone, a pęknięcia rury lub grzejnika nie będzie

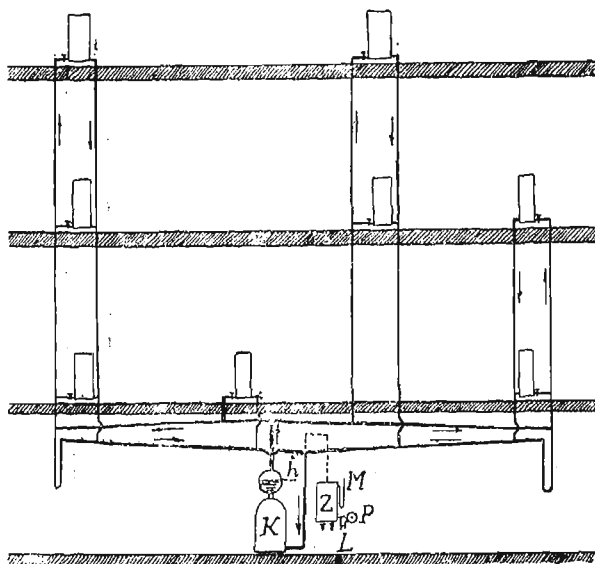
¹⁾ Patent niemiecki nr. 229132; w innych państwach patenty zgłoszone.

groziło zalewem, jak w ogrzewaniu wodnem. Takie ogrzewanie parowe będzie zatem zdolne do zwyciężkiego spółzawodnictwa z ogrzewaniami wodnemi.

Jak już wspomniałem, do pożądanego zespolonego miarkowania wydajności ogrzewań parowych możemy ciśnienie powietrza przeciwstawiać ciśnieniu pary albo bezpośrednio, albo też pośrednio. Każdy z tych sposobów omówię oddzielnie, następnie przedstawię zastosowanie tych samych zasad do miarkowania temperatury zdala w podgrzewaczach ogrzewań parowo-wodnych, wreszcie wspomnę pokrótce o środkach możliwie równomiernego rozłożenia ciepła na całą powierzchnię grzejnika parowego, w celu otrzymania możliwie łagodnej temperatury na tejże powierzchni.

I. Miarkowanie przez bezpośrednie przeciwstawienie ciśnienia powietrza ciśnieniu pary.

Sposób ten polega na bezpośrednim wprowadzeniu ciśnienia powietrza do wnętrza grzejników, przyczem ze względów oszczędności wskazane jest, posilkować się powrotną siecią ogrzewania do rozprzeczania ciśnienia powietrza. W rys. 1 i 2 przedstawiam schematycznie układ ogrzewania paro-



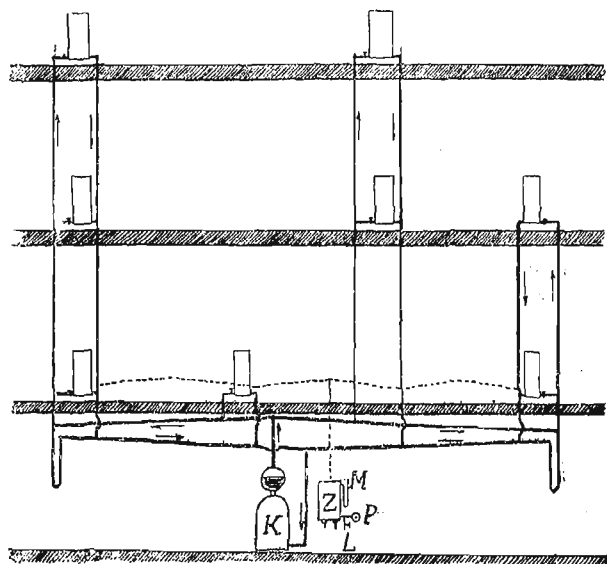
Rys. 1.

wego z kotłem *K* i ze zwykłą siecią przewodów, oraz z grzejnikami. W miejscu centralnem dodajemy jednak nadto: zbiornik powietrza *Z* z manometrem *M*, z pompą po-

wietrzną *P* i z kurkiem odpowietrzającym *L*. Złączywszy zbiornik powietrza z siecią powrotną ogrzewania, otrzymamy już urządzenie do zespolonego miarkowania wydajności, jednakże urządzenie, którego działanie nie byłoby jeszcze dostatecznie dokładne.

Rys. 1 przedstawia ogrzewanie, którego główna sieć przewodów powrotnych leży powyżej poziomu, do jakiego podnieść się może woda pod wpływem ciśnienia pary w kotle, a w takim urządzeniu na złączenie sieci ze zbiornikiem potrzeba tylko krótkiej rury łączącej, oznaczonej w rysunku linią przerywaną. Jeżeli jednak woda może się podnieść wyżej niż o *h* ponad poziom wody w kotle, to główna sieć rur powrotnych byłaby zalana, a w takim przypadku połączenie zbiornika z siecią należy wykonać w sposób wskazany w rys. 2, również liniami przerywanymi, przyczem wypada nadto połączyć nawzajem ze sobą wszystkie pionowe powrotne ponad najwyższym możliwym poziomem wody oddzielnymi, cienkimi przewodami powietrznymi.

Jeżeli w urządzeniu, czy to podług rys. 1, czy też podług rys. 2, nastawimy raz na zawsze kurki grzejnikowe w sposób ogólnie stosowany, t. j. tak, aby przy pełnem otwarciu kurka para wypełniała właśnie cały grzej-



Rys. 2.

nik, nie przedostając się jednak do przewodów powrotnych, gdy przewody wkońcu wspomniane łączą się z atmosferą, lub raczej w naszym urządzeniu, gdy w zbiorniku po-

wietrza i sieci powrotnej panuje ciśnienie równe atmosferycznemu, to każde następne podwyższenie ciśnienia w zbiorniku Z, podwyższyć również musi ciśnienie we wszystkich grzejnikach, a więc ciśnienie, przeciw któremu para wpływa do grzejnika. Jasne przeto jest, że każde takie podwyższenie ciśnienia w zbiorniku musi z konieczności zmniejszać ilości pary, dopływające do każdego poszczególnego grzejnika. Im wyżej nastawimy owo ciśnienie w zbiorniku centralnym, tem bardziej zmniejszymy ilości pary, dopływającej do grzejników, a gdy ciśnienie w zbiorniku doprowadzimy do wysokości ciśnienia pary w kotle to, rzecz prosta, że pod takie ciśnienie para wogóle do grzejników wpłynąć nie zdoła, czyli że natenczas dopływ pary zmniejszy się we wszystkich grzejnikach do zera.

Mamy zatem już miarkowanie zespolone, jednakże miarkowanie jeszcze niedoskonałe, albowiem, przy danem podwyższeniu ciśnienia w zbiorniku, ilości pary, dopływające do poszczególnych grzejników, nie będą bynajmniej proporcjonalne do ilości największych, przeznaczonych dla każdego z tych grzejników. Ciśnienie bowiem pary przed poszczególnymi grzejnikami nie jest jednakowe, a im większem będzie to ciśnienie przed danym grzejnikiem, tem stosunkowo mniejszem okaże się zmniejszenie ilości pary dopływającej i naodwrot.

Aby wszystkie te zmniejszenia ilości pary dopływającej pozostawały w jednakowym stosunku wzajemnym, dostatecznem będzie, utrzymywać przed wszystkimi grzejnikami jednakowe, stałe ciśnienie pary, a cel ten da się osiągnąć, n. p. przez wstawienie na rurze dopływowej przed kurkiem każdego poszczególnego grzejnika (albo też stosownej grupy, złożonej z kilku takich grzejników) czuło działającego, małego miarkownika prężności pary.

Dodanie tych małych miarkowniczków, nader prostego ustroju, nie podroży bynajmniej urządzenia, albowiem w zamian można zaoszczędzić odwadniaczy Heinz'a lub pokrewnych przyrządów, jakie się zazwyczaj stawiają przy każdym grzejniku w celu nieprzepuszczania pary do rur powrotnych. Gdy zaś ciśnienie pary przed grzejnikiem będzie stałe, przyrządy te są zupełnie zby-

teczne, ponieważ przy takim stałym ciśnieniu pary nietrudno kurek grzejnikowy nastawić tak, aby para właśnie wypełniała cały prawie grzejnik, a jednak do rur powrotnych się jeszcze nie przedostawała.

Przy zastosowaniu wspomnianych miarkowników prężności pary całe urządzenie będzie już w pełni odpowiadało zadaniu. Jeżeli bowiem miarkowniki te będą utrzymywały przed każdym z grzejników stałe nade ciśnienie pary, n. p. 100 kg/m^2 (100 mm słupa wodnego), to kurki grzejnikowe należy raz na zawsze tak nastawić, aby przy przeciwcisnieniu powietrza w zbiorniku, równającym się atmosferycznemu, przez kurek zupełnie odemknęły przepływało właśnie tylko tyle pary, ile jej dany grzejnik jeszcze skropić zdoła. W tym stanie para wpływa do każdego z grzejników pod różnicą ciśnienia 100 kg/m^2 . Jeżeli następnie, nie przedstawiając kurków grzejnikowych, powiększymy ciśnienie powietrza w zbiorniku, n. p. do 75 kg/m^2 nade ciśnienia, to takie samo ciśnienie zapanuje i w grzejnikach, do których para natenczas wpływać będzie pod różnicą ciśnień: $100 - 75 = 25 \text{ kg/m}^2$ ¹⁾, a więc 4 razy mniejszem niż poprzednio. A że otwory przepływów w kurkach pozostały bez zmiany, więc obecnie do każdego z grzejników dopływać będzie dokładnie dwa razy mniejsza ilość pary. Wogóle każdemu dowolnie nastawionemu ciśnieniu w zbiorniku odpowiadać będzie dopływ pary do każdego z grzejników, równający się jednakowemu ułamkowi pierwotnej ilości największej.

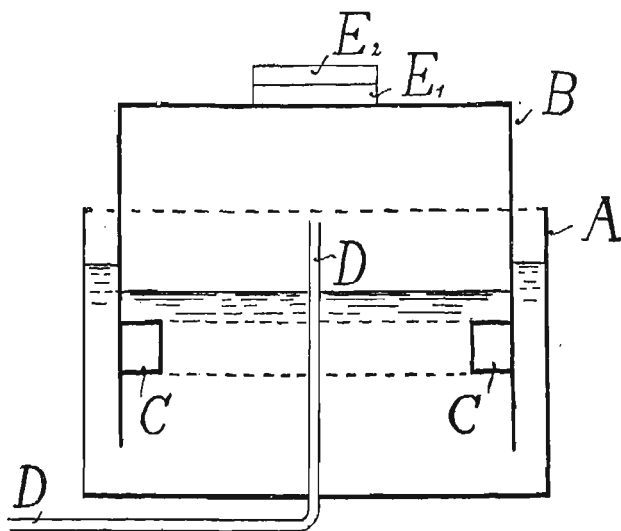
W ten sposób osiągamy zatem dokładne miarkowanie zespolone, a dokładność jego zależeć będzie przede wszystkim od czułości i dokładności działania owych małych miarkowników prężności pary, ustawionych na dopływach, przed kurkami grzejnikowymi. A że przy dzisiejszym rozwoju techniki wytwórczej wyrób takich dokładnych a niedrogich miarkowniczków nie przedstawia znaczniejszych trudności, więc całe urządzenie powinno działać bez zarzutu.

¹⁾ Rozumie się z zaniedbaniem oporu ruchu we wnętrzu samego grzejnika, który to opór zresztą n. p. w radiatorach jest prawie znikomo mały. Natomiast w grzejnikach, złożonych z ciasnych węzłowie, miarkowanie nie byłoby tak dokładne, a to z powodu znacznego oporu wewnętrznego.

Zmiany ciśnienia powietrza w zbiorniku możemy uskutecznić albo w sposób poprzednio już wspomniany, t. j. przez dopompowywanie, względnie wypuszczanie powietrza ze zbiornika, albo też w sposób jeszcze prostszy, jeżeli zamiast zamkniętego zbiornika powietrza zastosujemy zbiornik bez dna, pływający w wodzie na wzór znanych zbiorników gazu, a więc w rodzaju zbiornika przedstawionego na rys. 3.

W otwartym naczyniu *A*, napełnionem częściowo wodą, pływa bezdenny zbiornik *B*, zaopatrzony u swego dolnego kraju w pierścieniaste naczynie pływakowe *C*. Do wnętrza zbiornika sięga rura *D*, łącząca się z przewodami powrotnymi ogrzewania.

Gdy wypór wody, wypartej przez zanurzoną część zbiornika, równa się wadze zbiornika (wraz z naczyniem pływakowem), natenczas panuje w zbiorniku ciśnienie równe atmosferycznemu.



Rys. 3.

Jeżeli jednak taki pływający zbiornik naciążymy następnie dodatkowo, n. p. nakładając nań ciężary E_1 , E_2 , to ciśnienie w nim zwiększy się i będzie tem większe, im więcej nałożymy owych naciążków *E*. Zamiast naciążków stałych możemy też stosować naciąż wodny (balast wodny), który możemy dopompowywać względnie wypompowywać, n. p. z naczynia pływakowego *C*.

Urządzenie z takim zbiornikiem pływającym jest bardzo podobne do znanego ogrzewania parowego systemu Käufler'a, którego prawidłowe działanie sprawdziło się już

wieloletnią praktyką. Dochodzą tu wszakże jeszcze dwa czynniki dodatkowe, które jednak nie mogą wpłynąć na mniej doskonałe działanie, a które umożliwić właśnie mają miarkowanie zespolone, mianowicie: celowe zmiany ciśnienia w zbiorniku i utrzymywanie stałej prężności pary przed grzejnikami. Niedogodnością ogrzewań systemu Käufler'a były nader wielkie wymiary owych zbiorników pływających, które musiały móc w sobie pomieścić całą zawartość powietrza, jakie wypełniało zimne grzejniki, przewody parowe, a nawet parową przestrzeń kotła. W urządzeniu projektowanem można uniknąć wspomnianej niedogodności, ponieważ zbiornik powietrza może tu służyć raczej tylko do wyrównywania i utrzymywania ciśnienia, a przy jego zmianach można powietrza dopompowywać względnie je wypuszczać ze zbiornika.

Wobec nader małych ciśnień powietrza w zbiorniku można tu jako pompy powietrzne stosować, n. p. smoczki parowe dla urządzeń większych, a mieszki, w rodzaju kowalskich, dla urządzeń małych.

Ustrój miarkowników prężności pary przed kurkami grzejnikowymi może być rozmaity, a jako przykład takiego ustroju niechaj posłuży miarkownik przedstawiony w rys. 4., z którego jednak trzeba by opuścić rurkę powietrzną *l*, zastępując ją prostym otworem, łączącym przestrzeń ponad przeponą *f* swobodnie z atmosferą.

Miarkownik ten wstawiony w przewód dopływowy *d* grzejnika *o*, przed jego kurkiem *a*, składa się ze skrzynki *c*, wieka *g*, przepony *f*, grzybka podwójnego *b*, osiadającego na przynależnych siódlach zaworu, stanowiącego niejako kadłub całego miarkownika. Grzybek *b* jest za pośrednictwem wrzeczona *e* stale przyczepiony do przepony *f*, tak że się wznosi się, względnie opada wraz z nią.

O ile waga własna grzybka z wrzecionem i przeponą nie starczy na zrównoważenie normalnego ciśnienia pary na spodnią powierzchnię przepony, to należy przeponę tę naciążyć dodatkowo, bądź to jakimkolwiek ciężarem stałym, bądź też naciskiem sprężyny.

Miarkownik działa pod wpływem zmniejszonej już prężności pary, której ciśnienie ma dążność do uniesienia przepony

w górę, przyczem musi ono równoważyć siły działające w dół, a więc wagi przepony, wrzeciona, grzybka i dodatkowego naciągu przepony, o ile go zastosowano.

Jeżeli zmniejszona prężność pary wzrosła ponad normę, to ciśnienie pary podnosi przeponę, a wraz z nią i grzybek, który przymyka dopływ pary.

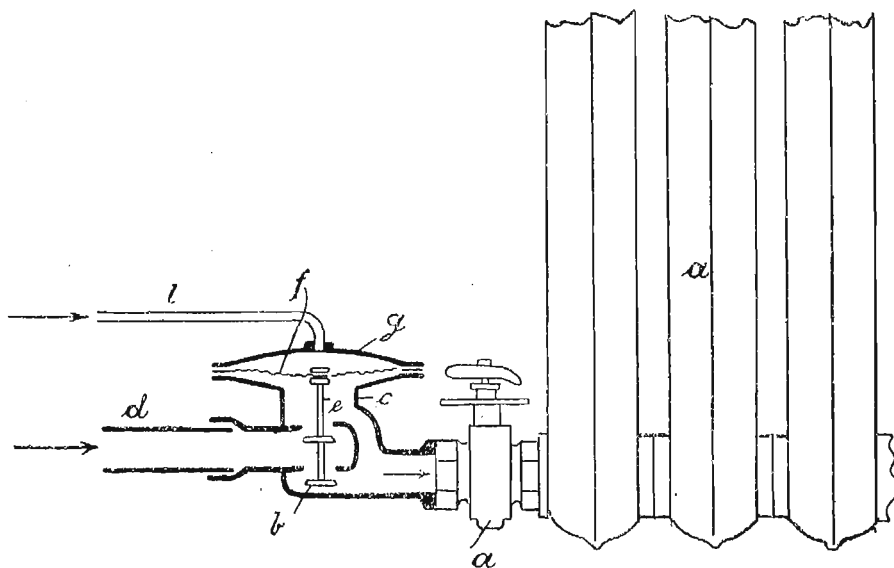
Jeżeli naodwrot owa prężność pary spadnie poniżej normy, to przepona wraz z grzybkiem opada, a przepływ pary zostaje ponownie otwarty.

Naogół przepona wraz z grzybkiem zaworowym będzie się znajdowała w położeniu pośrednim, przy którym przepływ pary będzie tylko o tyle otwarty, aby wobec odpływu pary, jaki się w danej chwili ustalił, normalna prężność pary była właśnie zachowana.

zwyczaj nawet mniej niż urządzenie zwykłego ogrzewania parowego niskoprężnego:

1. Kotły, grzejniki wraz z zaworami grzejnikowymi, oraz sieć przewodów powrotnych są dla obojdwóch urządzeń jednako.

2. W urządzeniu tu projektowanem należy dodać opisane poprzednio miarkowniki, a mianowicie, bądź to przed każdym grzejnikiem oddzielnie, bądź też przed stosownymi grupami grzejników. Z powodu ich małych wymiarów, koszt tych miarkowników nie będzie znaczny, a zrównoważy się on, może nawet z nadmiarem, przez zaoszczędzenie odwadniaczy Heinz'a lub t.p. przyrządów za grzejnikami na rurach powrotnych, ponieważ przyrządy te, niezbędne w dotychczasowych ogrzewaniach parowych, tu, z powodu utrzymywania stałej prężności pary



Rys. 4.

Wymiary tych miarkowników, a więc i ich kosztą będą stosunkowo bardzo małe, albowiem dla największego z używanych zazwyczaj grzejników, jakie się jeszcze stawia w mieszkaniach, starczy w zupełności średnica otworów przepływu w zaworze około 10 mm, dla której skok grzybka byłby tylko 2,5 mm, czyli potrzebne odchylenie przepony od jej położenia środkowego tylko po 1,25 mm w każdą stronę.

Opisane co dopiero urządzenie ogrzewania, nie mówiąc już o oszczędnościach na opale, będzie kosztowało nie tylko nie więcej, ale za-

przed grzejnikami, stają się zupełnie zbytecznymi.

3. Koszty centralnego urządzenia dodatkowego, a więc zbiornika powietrza z przynależnościami, równoważą się z nadmiarem oszczędnością na przekrojach przewodów parowych.

Wiadomo bowiem, że gdy się pojawiły ogrzewania parowe, niskoprężne, trzymano w ich kotłach prężność pary znacznie większą niż obecnie. Jednakże przy stosowanych naówczas prężnościach 2 do 3-ech metrów słupa wodnego pozostawał przed grzejni-

kami, zwłaszcza przed bliższymi, taki nadmiar ciśnienia, że miarkowanie wydajności kurkami grzejnikowymi było prawie niemożliwione. Dlatego też zmniejszano stopniowo prężność pary w kotle, która obecnie bywa najczęściej tylko 0,5 do 0,6 m słupa wodnego, skutkiem czego, z natury rzeczy, przewody parowe muszą otrzymywać znacznie większe średnice.

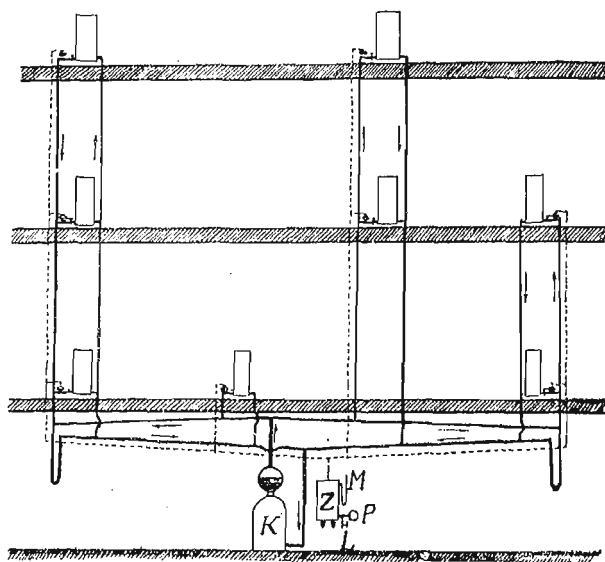
Gdy jednakże za pośrednictwem owych miarkowników utrzymywać będziemy przed wszystkimi grzejnikami stałą a niezbyt wielką prężność pary (n. p. 0.1 m słupa wodnego), natenczas powyższy wzgląd obniżania prężności pary w kotle odpada w zupełności i możemy znów utrzymywać w kotle taką prężność, na jaką pozwalają warunki miejscowe, zwłaszcza różnica poziomów między najniższym grzejnikiem a poziomem wody w kotle, a więc możemy najczęściej znów powrócić do owych dawniej stosowanych prężności 2 do 3-ech metrów słupa wodnego.

Skutkiem tego 4 do 5-cio krotnego podwyższenia prężności, sieć parowa otrzymać może znacznie mniejsze średnice, a oszczędności tem wywołane będą tak znaczne, zwłaszcza w urządzeniach rozleglejszych, że koszt zbiornika centralnego, wraz z przynależnościami, w stosunku do tych oszczędności będzie względnie bardzo niewielki i że pozostanie zawsze jeszcze znaczna oszczędność na czyste. W urządzeniach bardzo małych rzecz jasna, że oszczędność ta nie może być znaczna, albowiem w takich urządzeniach cały koszt przewodów parowych wogóle nie jest wielki, a więc i oszczędność na takiej niewielkiej sumie nie może być znaczna. Zawsze będzie ona dostateczna, aby pokryć nieznaczne też naówczas koszta małego zbiornika centralnego z przynależnościami.

II. Miarkowanie wydajności przez pośrednie przeciwstawienie ciśnienia powietrza ciśnieniu pary.

I w tym przypadku ustawiamy centralny zbiornik powietrza z przynależnościami, jednakże o wymiarach wiele razy mniejszych, i znów od tego zbiornika rozprowadzamy ciśnienie powietrza aż do wszystkich grzejników, jednakże powietrza tego nie wprowadzamy bezpośrednio w grzejniki, lecz

działa ono przy każdym poszczególnym grzejniku (względnie przy stosownej grupie grzejników) na przepony, które dopiero rozrządzają dopływem pary do grzejników. Dlatego też do rozprowadzania ciśnienia powietrza nie możemy tu stosować sieci przewodów powrotnych samego ogrzewania, lecz musimy (jak to zaznaczono liniami przerywanymi w rys. 5.) założyć oddzielną sieć, rozprowadzającą owo ciśnienie powietrza. Sieć ta jednakże, jako służąca nie do przeprowadzania znaczniejszych ilości powietrza, lecz li tylko do zrównania ciśnienia nad poszczególnymi przeponami (przy grzejnikach) z ciśnieniem w zbiorniku centralnym, może być stosunkowo bardzo cienka, a więc



Rys. 5.

złożona n. p. z cynowanych rurek ołowianych, o średnicy 4 na 6 mm lub jeszcze mniejszej, stosowanych ongi szeroko do dzwonek pneumatycznych.

Pozornie najprostszy układ takiego urządzenia otrzymalibyśmy, gdybyśmy, wzorując się na znanym miarkowaniu samoczynnym systemu Johnson'a, ciśnieniem powietrza poruszali owe przepony, a przeponami, za pośrednictwem wrzecion, przesuwali grzybki zaworów grzejnikowych, przyczem ruch przepony musiałby przewyższać pewien opór (n. p. sprężyny) jednakowy dla wszystkich grzejników. Otrzymane w ten sposób miarkowanie zespolone nie byłoby wszakże jeszcze dokładnem, albowiem prężność pary przed poszczególnymi grzejnikami byłaby nie-

jednakowa, jako zależna od oporów ruchu w przewodach parowych, a nadto musieliśmy stosować znów względnie niewielkie prężności pary w kotle, aby i przed grzejnikami prężność nie była za wielka, t. j. aby nie uniemożliwiała należytego miarkowania.

Dlatego też właściwszem będzie, szukać innego, doskonalszego rozwiązania. Pozostawiając kurki, względnie zawory grzejnikowe, znów wyłącznie do nastawiania miejscowego, ustawiamy przed każdym z nich (albo przed stosowną grupą grzejników) oddzielny miarkownik prężności, poprzednio opisanego ustroju (p. rys. 4 na str. 7), przyłączony jednakże za pośrednictwem rurki powietrznej *l* do sieci, rozprowadzającej ciśnienie od zbiornika centralnego. W opisanem poprzednio działaniu miarkownika zaszłyby obecnie tylko ta zmiana, że z wierzchu działałoby na przeponę nie stałe ciśnienie atmosferyczne, lecz dowolnie nastawiane ciśnienie powietrza ze zbiornika. Jeżeli miarkowniki te będą tak zbudowane, względnie wyregulowane, aby przy atmosferycznem ciśnieniu w zbiorniku, prężność pary przed wszystkimi grzejnikami była jednakowa, to każda następna zmiana ciśnienia w zbiorniku spowoduje jednakowe zmiany prężności pary przed wszystkimi grzejnikami, a im większem będzie ciśnienie w zbiorniku, tem też większą będzie owa prężność pary. Kurki grzejnikowe należy zatem nastawić przy najwyższej prężności pary, t. j. przy najwyższem ciśnieniu w zbiorniku, a mianowicie tak, aby natenczas przy zupełnie odemkniętym kurku przechodziło do grzejnika tyle pary, ile on tylko skroplić zdoła, aby jednakże para mimo to nie ulatywała do przewodów powrotnych, które w tym przypadku najdogodniej pozostawić w otwartem połączeniu z atmosferą. Ponieważ i w tem urządzeniu różnice ciśnień pary przed kurkiem grzejnikowym i powietrza w grzejniku są dla wszystkich grzejników jednakowe, więc dla dowolnego ciśnienia w zbiorniku, o ile kurków grzejnikowych nie przymkniemy, ilości pary, wpływające do poszczególnych grzejników, będą dla nich wszystkich jednakowym ułamkiem ilości największej, na jaką nastawiono raz na zawsze ów kurek.

Koszt takiego urządzenia nie różni się znacznie od kosztu urządzenia poprzednio

omówionego. Wprawdzie dochodzi tu oddzielna sieć powietrzna, lecz sieć ta, jak już zaznaczyłem, składa się z rur tak cienkich, iż koszt jej nie będzie znaczny, a w zamian centralny zbiornik powietrza z przynależnościami będzie tu o wiele mniejszy, a więc i znacznie tańszy, albowiem pojemność jego nie potrzebuje być większa od sumy objętości przestrzeni między przeponami i ich pokrywami, a więc może być stosunkowo bardzo mała. Obydwa urządzenia dają jednakową możność podwyższenia prężności pary w kotle, a więc i osiągnięcia wynikających z tego oszczędności na przewodach parowych.

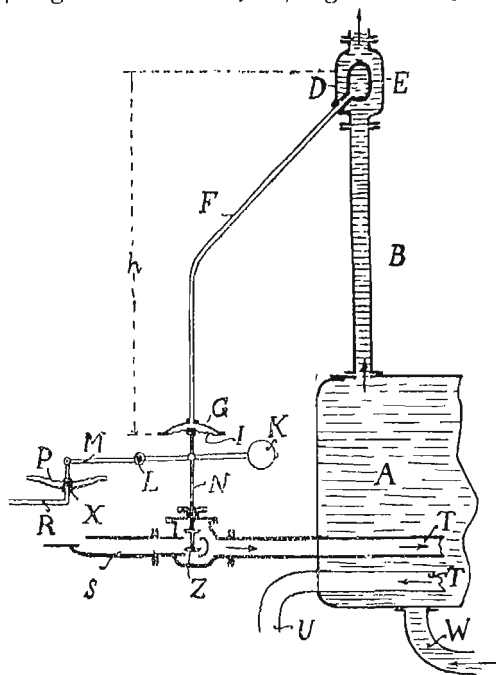
III. Miarkowanie zdala temperatury w ogrzewaniach parowo-wodnych.

Zwykły, parowy grzejnik pokojowy oddaje swe ciepło powietrzu pokojowemu, a więc powietrzu o temperaturze w przybliżeniu stałej. Wężownica natomiast w podgrzewaczu ogrzewania parowo-wodnego oddaje swe ciepło wodzie podgrzewacza, której temperatura zmienia się w bardzo szerokich granicach. Dlatego też grzejnik pokojowy, wypełniony parą danej prężności, posiada przybliżenie stałą wydajność ciepła, podczas gdy wężownica w podgrzewaczu, również wypełniona parą jednakowej prężności, posiadać będzie wydajność bardzo zmienną, gdyż n. p. para stustopniowa do wody 40° C oddawać będzie około trzy razy więcej ciepła, aniżeli gdy woda ta zagrzeje się już do 80° C. Ta zmienność wydajności podczas działania wężownicy parowej w podgrzewaczu wymaga też zastosowania odmiennych środków dla miarkowania zespolonego temperatury w takich podgrzewaczach.

Gdybyśmy do wężownicy podgrzewaczowych zastosowali bezpośrednio przeciwstawienie ciśnienia powietrza ciśnieniu pary we wnętrzu wężownicy w sposób pokrewny, jaki zastosowaliśmy do grzejników zwykłych, to moglibyśmy wprawdzie przez stosowne nastawienia ciśnienia powietrza w zbiorniku osiągnąć ustalenie się pewnej, pożądanej wydajności z owej wężownicy, lecz przez to nie rozwiązalibyśmy bynajmniej zadania właściwego, które polega na osiągnięciu i następnem utrzymywaniu pożądanej temperatury wody w podgrzewaczu, a do tego celu

posłuży nam lepiej sposób pośredniego przeciwstawienia ciśnienia powietrza ciśnieniu pary.

Rys. 6. przedstawia takie urządzenie: Jeżeli z niego opuścimy części oznaczone literami *R*, *P* i *X*, to pozostanie tylko podgrzewacz parowo-wodny ze znanym miarkownikiem temperatury (termostatem) pomysłu amerykańskiego. Wężownica *T*, *T'* — zasilana parą z rury dopływowej *S* przez zawór *Z*, którym rozrządza miarkownik samoczynny — ogrzewa wodę w podgrzewaczu *A*, przyczem woda skraplająca się z pary spływa przez rurę *U* do sieci powrotnej. Woda, ochłodzona w ogrzewaniu, powraca do podgrzewacza rurą *W*, zagrzewa się o wę-



Rys. 6.

żownice *T*, *T'* i wznosi się rurą *B* z powrotem do ogrzewania. W rozszerzenie *D* wspomnianej rury *B* wstawiono naczynie zamknięte *E*, które, wraz z rurą *F* i skrzynką *G* nad przeponą *I*, napełnione jest wodą (lub inną cieczą). Woda ta ciśnie na powierzchnię przepony *I* w dół, podczas gdy na dolną powierzchnię ciśnie w górę ciśnienie atmosfery. Do tej przepony *I*, za pośrednictwem wrzeciona *N*, przyczepionym jest grzybek podwójny zawora *Z*, a na wspomniane wrzeciono *N* ciśnie nadto dźwignia *M*, obciążona naciążkiem *K*, a spoczywająca w przegubie *L*. Dopóki nie dodamy części

P, *R* i *X*, dopóty na przeponę *I* działać tylko będą: w górę ciśnienie atmosfery, w dół zaś ciśnienie słupa wody o wysokości *h*, wagi własne przepony, wrzeciona i grzybka, wrzście nacisk dźwigni *M* na wrzeciono *N*, odpowiadający nastawionemu położeniu naciążka *K* na dźwigni.

W naczyniu *E* panować zatem musi pewna próżnia, którą możemy w danych granicach zmieniać dowolnie przez stosowne przesunięcie naciążka *K* na dźwigni *M*. Im większą będzie próżnia w naczyniu *E*, tem wcześniej, t. j. przy tem niższej temperaturze, wrzeć będzie woda w naczyniu *E*. Temperatura ta jest zarazem temperaturą krańcową zagrzewania się wody w rozszerzeniu *D*, albowiem, gdy tylko woda w naczyniu *E* zaczyna wrzeć, tej chwili wytwarzająca się z niej para ciśnie na powierzchnię wody w *E*, a ciśnienie to przenosi się na przeponę *I*, która opada, a wraz z nią opada też i grzybek zaworowy i zamyka dalszy dopływ pary do wężownicy. Gdy natomiast, skutkiem zamknięcia dopływu pary, temperatura w podgrzewaczu, a więc i w rozszerzeniu *D*, znów opadnie poniżej punktu wrzenia wody w naczyniu *E*, para w nim skrapla się powrotnie, jej ciśnienie ustaje, a przepona podnosi się ponownie, wraz z nią zaś i grzybek zaworowy, otwierając znów dopływ pary do wężownicy.

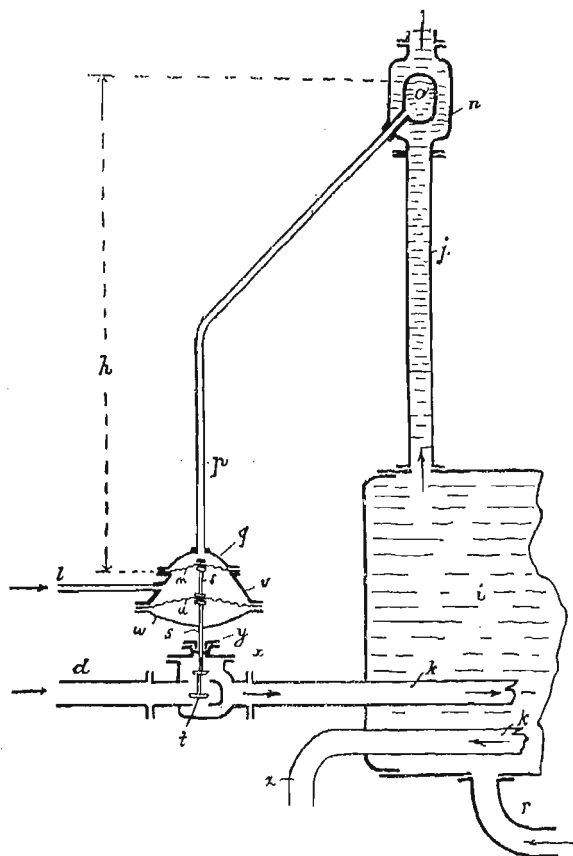
Temperaturę graniczną wrzenia wody w *E*, a więc i temperaturę krańcową zagrzewania wody w podgrzewaczu, nastawiamy w pewnych granicach dowolnie przez stosowne przesunięcie naciążka *K* na dźwigni *M*, ponieważ przez takie przesunięcie zmieniamy siłę, z jaką dźwignia odciąga przeponę w dół. Aby osiągnąć miarkowanie temperatury zdala, zamiast zdala przesuwając ów naciążek *K*, dogodniej będzie dźwignię *M* naciążać dodatkowo, względnie odciążać za pośrednictwem oddzielnej przepony *P*, umieszczonej na skrzynce *X*, którą w tym celu należy złączyć rurką *R* ze zbiornikiem powietrznym w miejscu centralnym. Przy takim układzie należy naciążek *K* nastawić raz na zawsze na dźwigni *M*, najlepiej tak, aby przy atmosferycznym ciśnieniu w zbiorniku dopływ pary się zamykał, gdy temperatura wody w podgrzewaczu dosięgnie najwyższej temperatury krańcowej, z jaką ogrzewanie wogóle ma działać.

Dopóki w zbiorniku powietrza panuje ciśnienie atmosferyczne, przy którym nastąpiło wspomniane nastawienie naciążka, urządzenie to (termostat) utrzymywać będzie temperaturę krańcową w granicy nastawionej. Gdy jednak powiększymy ciśnienie w zbiorniku, natenczas przepona P będzie dodatkowo unosiła w górę lewe ramię dźwigni M , która odpowiednią siłą dodatkową ściągać będzie swym prawym ramieniem przeponę I w dół, skutkiem czego obniży się punkt wrzenia w naczyniu E , a więc i temperatura krańcowa w podgrzewaczu. Rzecz prosta, że, im wyższe będzie ciśnienie w zbiorniku, tem niższą być musi owa temperatura krańcowa, i naodwrot. Gdybyśmy w zbiorniku wywołali pewną próżnię, to temperatura krańcowa stałaby się nawet wyższą, aniżeli nastawiona pierwotnie przez ustawienie naciążka na dźwigni przy ciśnieniu atmosferycznym w zbiorniku.

Sposobem opisanym można zatem z jednego centralnego zbiornika nastawiać zdala temperatury krańcowe w dowolnej liczbie podgrzewaczy, rozmieszczonych n. p. po oddzielnych pawilonach rozległego zakładu szpitalnego lub t. p., a nastawianie to dostosowywać do zmian pogody. Można jednak naodwrot każdy poszczególny taki podgrzewacz zaopatrzyć w miejscu centralnem w oddzielny, mały zbiorniczek powietrza, połączony oddzielnym przewodem powietrznym z przynależnym podgrzewaczem, i w ten sposób miarkować jego temperaturę niezależnie od podgrzewaczy pozostałych, a to stosownie n. p. do utrzymywanych sygnałów termometrów sygnalizujących, lub w dal wskazujących.

W rys. 6 podałem tylko jeden z wielu sposobów możliwych takiego miarkowania. W rys. 7 podaję sposób pokrewny, aczkolwiek w ustroju nieco prostszy. W rysunku tym poszczególne części oznaczono literami odmiennymi, nie będę jednak szczegółowo powtarzał opisu samego przyrządu i jego działania, zwrócę tylko uwagę na zasadnicze różnice: Na wrzeciono s działa tu nie dźwignia, lecz wprost druga przepona u , o średnicy większej (względnie mniejszej) od średnicy przepony zasadniczej m . Jeżeli ze zbiornika centralnego rurką l doprowadzimy do wnętrza skrzynki v pewne nadciśnienie, to działać ono będzie na obydwie przepony. Ponieważ jednak obszar powierzchni prze-

pony u jest większy niż przepony m , więc rzecz prosta, iż siła wynikowa nacisków na obydwie przepony będzie skierowana w dół, a więc będzie ona dodatkowo ściągała przeponę m ku dołowi, czyli obniży temperaturę krańcową w naczyniu o , a więc i w podgrzewaczu i , powodując wcześniejsze przymknięcie grzybka zaworowego l .



Rys. 7.

IV. Równomierny rozdział ciepła, dostarczanego z parą, na cały obszar powierzchni grzejnika.

Niedość jest zmiarkować zespolenie wydajność grzejników parowych, dalszem zadaniem będzie jeszcze, ciepło dostarczone w ten sposób grzejnikowi rozłożyć możliwie równomiernie na cały obszar powierzchni grzejnikowej, aby osiągnąć możliwie łagodną temperaturę tych powierzchni.

Do tego celu służyć mogą znane już sposoby mieszania pary z powietrzem, znajdującym się w grzejniku, a polegające na wstrzykiwaniu pary z wielką prędkością, a więc przez stosunkowo ciasne otwory lub przez dyszę smoczka. Wielka prędkość wlotu jest potrzebna dla należytego zmieszania się pary

z powietrzem; za wielką prędkość wlotu jednak spowodowałyby pewien szum, bądź co bądź nieprzyjemny i mogący nawet denerwować. Aby uniknąć wszelakiego szumu, należy wpuszczać parę z względnie małą prędkością, a więc n. p. w sposób, który objaśnię na przykładzie:

Grzejnik niechaj będzie kształtu walca pionowego, składającego się zatem tylko z płaszcza, dna i wieka. Jeżeli do takiego grzejnika wpuszczać będziemy ilości pary, mniejsze aniżeli te, któreby grzejnik mógł skropić, to, chociaż pozostanie w nim pewna ilość powietrza, powietrze to nie będzie się mieszało należycie z parą, która (jako lżejsza) od wlotu podaży wprost pod wieko grzejnika i zagrzewać je będzie silnie, jak również i przyległe, górne części płaszcza, podczas gdy dolne jego części wraz z dnem pozostaną względnie chłodnymi.

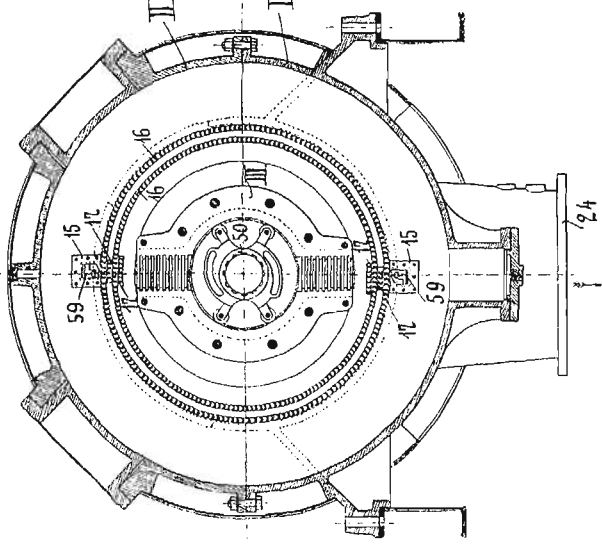
Jeżeli jednak w grzejnik ten, a mianowicie w dolną jego część, wstawimy naczynie bębnowate, bez dna, lecz z wiekiem, o średnicy nieco mniejszej od średnicy wnętrza grzejnikowego i wstawimy je tak, aby spodnia jego krawędź była niezbyt odległa od dna grzejnika, to wpuszczając parę nie bezpośrednio w przestrzeń właściwego grzejnika, lecz w owo naczynie, otrzymamy pożądaną rozdzielność ciepła na całym obszarze powierzchni grzejnikowej.

Para, wstępując w owo naczynie, wypycha z niego powietrze, które z pod dolnej krawędzi przelewa się niejako w przestrzeń właściwego grzejnika, a nadmiar powietrza tego uchodzi przez przewody powrotne. Gdy się już całe naczynie wypełni parą, natenczas zaczyna i ona przelewać się niejako po przez spodnią krawędź naczynia w przestrzeń grzejnikową, a jako lżejsza od powietrza, wypełniającego grzejnik, unosi się w górę pod wieko grzejnika, przyczem jednak musi ona opłókiwać wewnątrz płaszcza grzejnikowego i zagrzewa je, zwłaszcza też jego części niżej położone, a więc właśnie te, które zazwyczaj pozostają chłodnymi. Część pary, która nie skropi się na tych niższych częściach powierzchni płaszcza, podąża dalej w górę i zagrzewa wyższe jego części i wieko. Najsilniej zagrzeje się, rzecz prosta, samo naczynie; temperatura jego byłaby nawet zbyt wysoka, gdyby powierzchnie jego sta-

nowić miały część zewnętrzną powierzchni grzejnika, będącej w zetknięciu z powietrzem pokoju ogrzewanego. Ta wysoka temperatura naczynia jest jednakże nie tylko nieszkodliwa, ponieważ powierzchnie naczynia nie stykają się z powietrzem pokojowym, ale nawet bardzo pożyteczna. Ciepło z powierzchni naczynia przechodzi i promieniuje na całą wewnętrzną powierzchnię grzejnika, przyczem znów bliższe, a więc dolne części grzejnika, które zazwyczaj bywają za chłodne, zyskują najwięcej. Reszta ciepła z tego naczynia przechodzi na otaczające je powietrze, które, zagrzawszy się o ścianki tego naczynia, unosi się w górę, a skutkiem tego ruchu miesza się z parą. Otrzymujemy zatem dodatkowo nawet i krążenie powietrza po wnętrzu grzejnika.

Wynikiem ostatecznym wszystkich, opisanych co dopiero przejawów, będzie względnie bardzo równomierny rozdział ciepła na całą powierzchnię grzejnikową.

Zasada ta, tak prosta dla grzejnika o postaci słupa walcowego, da się z pewnemi modyfikacyami przystosować i do wielu innych grzejników, n. p. do radiatorów. Naczynie bębnowate należałoby tu jednak zastąpić odwróconem korytem, wsuniętem w dolny kanał podłużny, przechodzący poprzez wszystkie działki radiatora. Zamiast takiego wsuwania owego koryta odwróconego w radiator już gotowy, możnaby je dogodniej może wytworzyć przez stosowne dodatki (dolewki) w odlewie każdej działki, w ten sposób, aby po złożeniu działek w całość radiatora wytworzyło się w nim z owych dolewek pożądaną korytą odwróconą, pozostawiającą wązkie tylko szczeliny między swemi krawędziami spodniami a dnem radiatora. Jednakże działki końcowe radiatora musiałyby otrzymać dolewki nieco odmiennie ukształtowane, a mianowicie takie, aby końce koryta z obydwóch stron były zamknięte ściankami pionowymi, któreby nie pozwoliły parze, wlatującej do tego koryta, ulatywać wprost do przewodów powrotnych, lecz zmuszały ją do tego, iżby się zbierała w korycie i z niego dopiero przelewała się poprzez jego krawędzie spodnie do kanałów pionowych w poszczególnych działkach i aby mimo to prawidłowy odpływ wody, skraplającej się w grzejniku, był zapewniony.

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A} \underline{x} + \underline{B} u$$
[illegible]

This technical drawing, labeled Fig. D., shows a complex mechanical system. On the left, a large circular component features several pressure gauges connected by pipes. In the center, there's a cylindrical unit with four bolts around its top flange. To the right, a vertical shaft passes through a frame containing two large flywheels or gears, one above the other. Various pipes and valves connect these main components. Labels include 'IX' at the top right, 'XII' below it, 'XXIII' near the lower flywheel, and '24' pointing to a horizontal bar on the far right. The number '25' is also visible near the top flywheel.