

Rys. 12.

Paproć drzewiasta z Ceylonu
Alsophila crinita według Strasburgera.

ogromnie wilgotny i w związku z tym wykazywał duże ilości opadów. Co do temperatury, to można powiedzieć, że podane wyżej spostrzeżenia, a także inne obserwacje, na ogół zaprzeczają rozpo-

wszechnionemu dawniej pogładowi o klimacie gorącym, tropikalnym, a przemawiają za klimatem ciepłym o tyle, że przy ogromnej ilości wilgoci umożliwiał niezwykle bujny rozwój roślinności. Wahania temperatury w ciągu roku były nieznaczne, albowiem drzewa karbońskie nie wykazują pierścieni rocznego przyrostu.

W zakończeniu chcę dodać, że tworzenie się węgla w ogóle nie wymaga niezbędnie klimatu wilgotnego. Przy badaniu powiem trzeciorzędowych węgli brunatnych niżu niemieckiego wyszły na jaw fakty, dowodzące, że węgle te powstały na dnie lasu o suchym podłożu. Nie wiadomo dotychczas, czy wyniki te można uogólnić na inne tereny węglowe; czy np. nie ma podobnych zjawisk wśród węgli karbońskich, co jednak wydaje się możliwe tylko jako niezwykle wyjątek.

Referat powyższy opracowałem na podstawie następujących materiałów:

- 1) J. Jarosz: „Flora karbonu polskiego i jej znaczenie stratygraficzne“ (wykłady Prof. Dr Jarosza na Akademii Górniczej w Krakowie).
- 2) J. Lilpop: „Roślinność Polski w epokach minionych“.
- 3) D. Szymkiewicz: „Botanika“.
- 4) W. Gothan: „Karbon- und Perm-Fflanzen“ w dziele G. Gürich „Leitfossilien“.
- 5) W. Gothan, F. Franke: „Der Wetsfälisch-Rheinische Steinkohlenwald und seine Kohlen“.
- 6) M. Hirmer: „Handbuch der Palaeobotanik“, Bd. I.

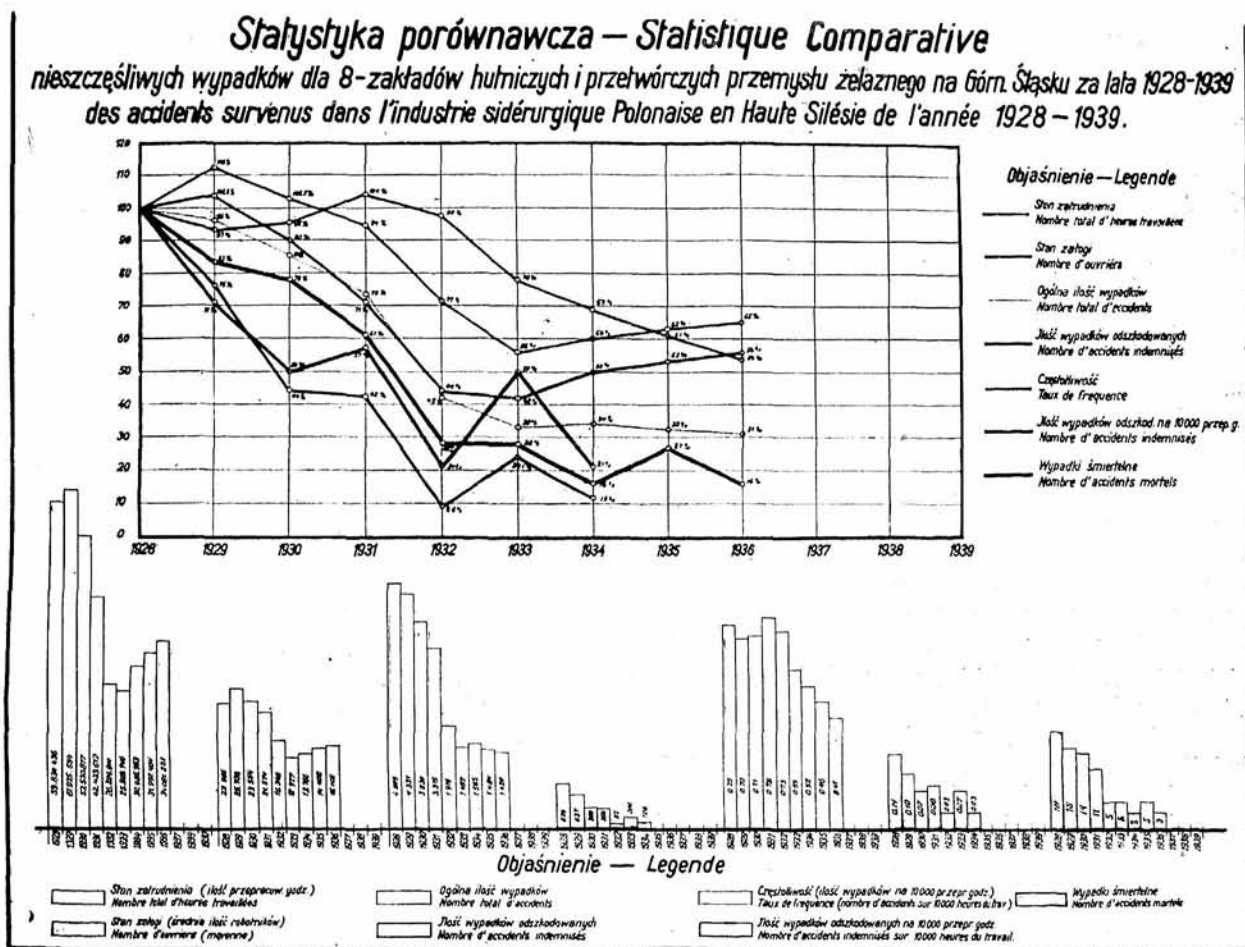
Stanisław Stopa
Akademia Górnicza - Kraków

Bezpieczeństwo pracy w wielkim przemyśle żelaznym

Chcąc zrozumieć zagadnienie bezpieczeństwa pracy w wielkim przemyśle żelaznym trzeba sobie dokładnie zdać z tego sprawę, na jakie niebezpieczeństwo dany pracownik jest w nim narażony. W wykazie Z U S hutnictwo, należące do grupy III-ej, w ogólnych zarysach objęte jest aż dwiema kategoriami stawek, a to w pozycji 28, względnie 28, VII i VIII zależnie od tego czy prowadzi u siebie na miejscu systematyczną służbę bezpieczeństwa. Rozpiętość tych składek jest znaczna i wynosi od 1.62% do 3.05%. Zależnie więc od akcji jaką na miejscu się prowadzi otrzymać można większe lub mniejsze zniżki, które będą obciążać daną produkcję.

Ażeby zdać sobie sprawę ze stanu bezpieczeństwa w zakładach hutnictwa żelaznego, należy przede wszystkim zapoznać się ze statystyką nie-

szczęśliwych wypadków. Nadmienić należy, że statystyki z czasów przedwojennych nie posiadamy. Po wojnie do roku 1927 z powodu niestabilnego czasu pracy i nieregulowanych stosunków socjalnych, żadna statystyka nie mogłaby przedstawić faktycznego stanu. Dopiero od roku 1928, tj. od wejścia w mniej więcej normalny tryb pracy możemy w wnioskach naszych oprzeć się na posiadanych statystycznych danych. W roku 1930, początku kryzysu ekonomicznego, następuje wybitny spadek zatrudnienia, który wywiera niekorzystny wpływ na ogólne bezpieczeństwo pracy. Zaprowadzenie jednak już w roku 1928 placówki zapobiegania nieszczęśliwym wypadkom skutecznie prowadzą do zmniejszenia się ilości wypadków. Załączona statystyka przedstawia stan bezpieczeństwa pracy po dzień dzisiejszy. W statystyce tej



obok ilości przepracowanych godzin, ilości robotników i ogólnej ilości wypadków odszkodowanych podana jest również częstotliwość wypadków na 10.000 przepracowanych godzin.

W pierwszym wykresie porównawczym wykazano zmiany powyższych danych statystycznych w stosunku do roku 1928, który przyjęto za 100%. Z wykresu tego widzimy, że zmniejszanie się ogólnej ilości nieszczęśliwych wypadków jest olbrzymie i wynosi obecnie około 70%.

Praca w hutnictwie żelaznym jest tak rozmaita, że wymaga wielkiego doświadczenia technicznego i teoretycznej wiedzy, żeby można sprostać powierzonymu zadaniu. Obok czysto mechanicznych warsztatów pracy ma się do czynienia tu z całym szeregiem problemów, których rozwiązanie do dnia dzisiejszego nie jest w 100% przeprowadzone. Odnosi się to przede wszystkim do gazów, a w szczególności do CO, którego działania stałego na hemoglobinę nie dało się usunąć tak, że człowiek pracujący w atmosferze zawierającej choćby małe ilości tegoż gazu, z czasem zaczyna skarżyć się na objawy, których wywołania nie można uniknąć.

Sprawa tym bardziej się komplikuje, że jedyny środek zaradczy tj. aparaty Draegera dają się tylko w wyjątkowych okolicznościach zastosować, a mianowicie dopiero tam, gdzie ilości tego gazu są bezpośrednio dla życia groźne. Następnie ma się tu do czynienia z wysokimi temperaturami bia-

łego żaru ponad 1200°C, powodującymi promieniowanie ultrafioletowych promieni, przed którymi bronić się trzeba specjalnymi okularami. Poza tym następuje tak znaczna zwyżka temperatur w miejscach pracy, że czasem w gorące dni letnie na suwnicach w halach odlewniczych martenowni temperatura dochodzi do 70°C; odlewanie zaś roztopionego żelaza powodować może tak rozmaite urazy czy udary ciepłe, które powodują cały szereg oparzeń, przed którymi trzeba się chronić czy to specjalnymi maskami, czy nawet całą odzieżą ochronną. Na skutek wysokiej temperatury przy pracy robotnicy odczuwają silne pragnienie. Problem gaszenia tego pragnienia nie jest rzeczą łatwą, jak się może przypuszczać wydawać. Samo wprowadzenie takiej masy płynów do żołądka przyczynia się już do występowania cierpień, a nawet chronicznych schorzeń.

Również nagłe zmiany temperatur powodują cały szereg przeziębień, których następstwem są czy to choroby płucne, czy rozmaitego rodzaju reumatyzmy. Samo spawanie elektryczne, szczególnie na otwartych miejscach przedstawia problem nie łatwy do rozwiązania.

W zakresie higieny pracy w samych warsztatach wprowadzono wiele zmian i urządzeń, mających na celu ochronę zdrowia i życia pracowników np. w wytrawialniach urządzenie przewiewników w celu usunięcia oparów kwasowych, działających na użębie i usuwania przy pomocy wyciągów

pyłu, czy oparów farb przy malowaniu natryskowym. Z ogólnych urządzeń wymienić należy łaźnie, ubieralnie, izby wypoczynkowe i opatrunkowe, w których stale dyżurują wyszkoleni sanitariusze. W statystyce chorobowości przyjąć można przeciętnie, że w szpitalach hutniczych leczy się rocznie 18,8% na choroby spowodowane wypadkami.

Reszta przypada na: 13,7% choroby żołądka, 12,8% choroby płuc, 11,5% choroby reumatyzmu, 10,2% choroby grypy, 9% rany ropne, 7,5% inne choroby chirurgiczne, 5,8% inne choroby wewnętrzne, jak nerek, żółci, wątroby, 2,3% choroby serca, 2,3% zapalenie płuc, 2% gruźlica, 1,8% inne choroby zakaźne, 1,1% choroby weneryczne, 1,1% choroby skórne, 1,2% choroby umysłowe.

Zaznaczyć przy tym trzeba, że olbrzymi hałas i zgiełk przytępia z czasem słuch robotnika, który wtedy nie zdając sobie sprawy z nadchodzącego niebezpieczeństwa może bardzo łatwo ulec wypadkowi. Z zestawień statystycznych wynika, że maszyny z motorami spowodowały 10 do 15% ogólnej ilości wypadków, które przypadają na niedostateczną ochronę maszyn.

Resztę wypadków przypisać można 1. złemu oświetleniu miejsc pracy, 2. przemęczeniu robotnika, 3. nieodpowiedniemu jego ubiorowi, 4. ciasnocie miejsca pracy, 5. pośpiechowi lub pobieżnej uwadze.

Złe urządzenia, jak i złe utrzymanie zakładów spowodować może cały szereg wypadków jak:

1. uszkodzenie różnych części ciała z powodu upadku na śliskich podłogach,
2. okaleczenia rąk i nóg spowodowane drzazgami, tak w podłogach, jak i drzwiach,
3. różne wypadki spowodowane ciasnymi lub zwężonymi, z powodu nagromadzenia różnych przedmiotów, przejściami.
4. ogólne potłuczenie przy upadku ze schodów lub balkonów z braku poręczy,
5. uszkodzenie spowodowane upadkiem z nieodpowiednich drabin.

Tysiące śmiertelnych wypadków przy pracy i dziesiątki tysięcy inwalidów przybywających rok rocznie i obciążających tak budżet państwa, jak i społeczeństwa — oto plon tego niezrozumienia bezpieczeństwa przy pracy. Od chwili odzyskania niepodległości ilość tych inwalidów wzrosła do fantastycznej wprost liczby 120.000 mniej lub więcej ułomnych jednostek, stając się wymownym świadectwem lekkomyślnego marnotrawstwa sił Narodu. Jak olbrzymia jest ta cyfra zrozumiemy wtedy, gdy porównamy ją z liczbą 130.000 inwalidów wojennych, których kalectwa powstałego w chwili zmagania wojennych nie dało się w myśl surowego prawa wojny niczym uniknąć. To też dbając tylko o wzmoczenie siły obrony Państwa musimy wypowiedzieć bezwzględna walkę wszelkiemu niepotrzebnemu szafowaniu życiem ludzkim i zdrowiem człowieka pracy.

Jak się będzie przedstawiała strona finansowa tych 120.000 inwalidów pracy. Jest to bowiem więcej niż 2 korpusy wojska postawione na stopie wojennej. Renty jakie państwo wypłaca tej

armii przekraczają	zł 60,000.000
koszty zniszczenia zdolności do pracy	70.000.000
koszty leczenia	40.000.000
w sumie	zł 170.000.000
Straty zaś przemysłu wynoszą	80.000.000
czyli razem daje około rocznie	zł 250.000.000

Suma ta stanowi ósmą część całego budżetu państwowego.

Nie wspomina się tutaj o biedzie, troskach i kłopotach w jakie popada cała rodzina tego inwalidy, gdy ten ulegnie wypadkowi. A co powie ten cały szereg wdów i sierót po poległych na froncie pracy, którymi w dalszej walce o kawałek chleba codziennego nikt się nie zajmie i nikt im nie pomoże. Trzeba więc przyjąć za dewizę, że każdy wypadek może pozbawić robotnika pracy, a jego rodzinę chleba powszedniego. Dewizę tę jako tablicę propagandową spotkać można prawie na każdej hucie W. I. A przecież większość tych inwalidów pracy to ludzie w sile wieku, w pełni sił i zdrowia. Statystyka podaje, że między

18 a 25 rokiem życia jest wypadków	18%
25 a 30 „ „ „ „	30%
40 a 50 „ „ „ „	6%

Reszta tj. 46% przypada między 30 a 40 rokiem życia. Oni mogliby jeszcze długo pracować, gdyby nie zostali usunięci wypadkiem poza grono ludzi pracujących, stając się niejako ciężarem społeczeństwa, które jest obowiązane zapewnić im przynajmniej minimum egzystencji.

Dla charakterystyki podam tutaj koszt 2 wypadków, jakie bardzo często zdarzają się w warsztatach pracy.

1-szy z nich jest to koszt wypadku lekkiego, jak okaleczenie palca u nogi, który zdarzył się w warsztacie pracy o godzinie 9-tej rano. Straty, jakie poniesie przy tym firma wynoszą:

1) wypłacony całkowity zarobek dzienny	6,00 zł
2) koszty wyniesienia rannego	1,00 zł
3) koszt opatrunku rannego	1,00 zł
4) koszt transportu rannego karetką Pogotowia	6,00 zł
	14,00 zł

Wydatki poniesione przez Kasę Chorych przedstawiać się już będą następująco:

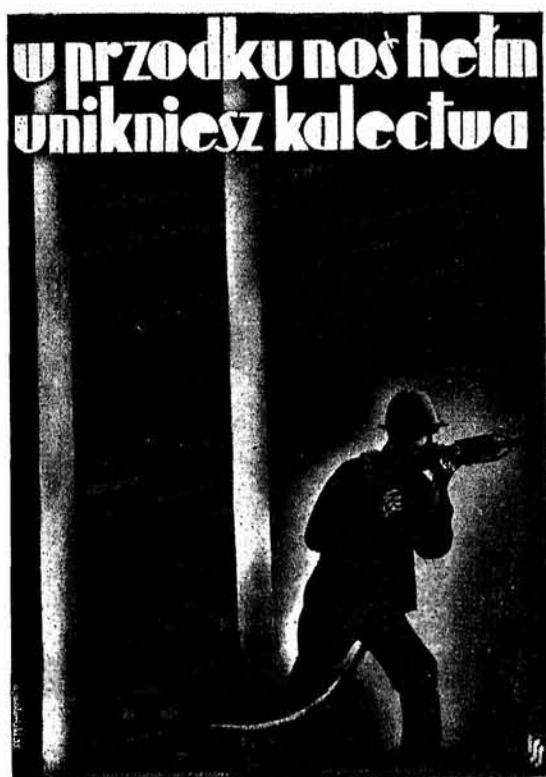
1) trzy wizyty lekarskie w domu	6,00 zł
2) koszt środków opatrunkowych	3,00 zł
3) świadczenia ogólne za 10 dni	42,00 zł
Razem	51,00 zł

Prócz tego robotnik poniesie stratę zarobku, a mianowicie różnicę między wypłaconym zasiłkiem, a właściwym jego zarobkiem za dni 12 wynoszącym około 4,50 zł 54,00 zł, czyli całkowity koszt tego wypadku wyniesie zł 119,00. Koszt wypadku ciężkiego przedstawia się ilościowo o wiele tragiczniej.

Za przykład wzięto wypadek oparzenia ramion i twarzy powstałego przy zwarcu, które pociągnęło za sobą godzinną przerwę pracy w wytwórni, zaś naprawa i wymiana spalonych urządzeń trwała 3 godziny.

Straty zakładu przemysłowego wynosiły:

p l a k a t y o s t r z e g a w c z e



INSTYTUTU

S P R A W S P O Ł E C Z N Y C H



1) wypłata nieprzepracowanej dniówki	6,00 zł
2) koszty wyniesienia rannego	1,00 zł
3) koszt opatrunku rannego	5,00 zł
4) przewiezienie go do szpitala	6,00 zł
5) wypłata 20 robotnikom straconych gdcz. pracy	20,00 zł
6) strata w produkcji	200,00 zł
7) koszt naprawy zniszczonych urządzeń	100,00 zł
Razem	338,00 zł

Wydatki kasy chorych:

1) koszt 28-dniowego pobytu w szpitalu	162,00 zł
2) odszkodowanie 28 dni w szpitalu	68,60 zł
3) odszkodowanie chorobowe 35 dni w domu	147,00 zł
4) koszty lekarza w szpitalu	34,20 zł
w domu z opatrunkiem	60,00 zł
Razem	471,00 zł

Jeżeli dodamy do tego stratę jaką poniósł sam chory a to przez utratę 60 dniówek, których różnica od normalnej płacy wynosi 4,50 zł dziennie 270,00 zł
ogólne więc straty wynosiły 1079,80 zł

Jak wiemy z praktyki najczęściej ulegają wypadkowi ludzie w pierwszym roku pracy. Cyfra ich dochodzi do 60%
w drugim roku pracy spadnie ona gwałtownie do 20%
w trzecim na 10%

aż dojdzie do robotników pracujących powyżej 5 lat do 4% przy pracy na jednym miejscu pracy.

Te cyfry mówią same za siebie i musimy dążyć wszystkimi siłami do doprowadzenia do minimum tych cyfr jakie mamy przed sobą. Wypadkowość bowiem jest wysoce niepożądaną pochodną produkcji. W związku z tym wszystkie prawie czynniki mogące mieć wpływ na zmniejszenie wypadkowości przy pracy, są czynnikami usprawniającymi produkcję w kierunku podwyższenia jej wydajności i jakości.

W zagadnieniu produkcji w odniesieniu do jej wydajności i jakości, główną rolę odgrywa czynnik najtrudniejszy do uchwycenia w jakiejś ramy usystematyzowane a mianowicie czynnik ludzki. Czynniki ten powoduje przeszło 80% wypadków, gdy na urządzenia mechaniczne można liczyć około 15% wypadków. Reszta, tj. 5%, są to wypadki losowe. Dlatego przede wszystkim ten czynnik należy wciągnąć do tej akcji, przy uwzględnieniu jego warunków pracy. Problem tych warunków pracy rozbić można na dwa główniejsze działy:

- 1) problem miejsca pracy,
- 2) problem narzędzi pracy.

Problem miejsca pracy należy właściwie do zakresu działalności lekarza w dziedzinie higieny pracy, a więc warunków oświetlenia, przewietrzania, ogrzewania itp., rozwiązanie zaś należy do technika.

Problem bezpiecznych narzędzi pracy, a więc racjonalnych osłon maszyn, dźwigów, narzędzi ręcznych może być właściwie rozwiązany przez technika, jednakże także przy współudziale lekarza jako znawcy właściwości tak fizjologicznych,

jak i psychicznych człowieka. Jednakże przy nie-uświadomionym elemencie robotniczym w zakładzie pracy wydawane nakazy czy to stosowania osłon maszyn, czy ochron osobistych, nie dadzą należytych rezultatów, jeżeli tenże robotnik odrzuci wszystko, narażając się bezpośrednio w każdej chwili na wypadek. Z drugiej zaś strony tak propaganda, jak organizacja bezpieczeństwa nie dadzą należytych rezultatów, jeżeli napotkamy pracodawcę niedbałego o bezpieczeństwo pracy w swoim zakładzie, który ustępuje jedynie tylko wtedy, gdy otrzyma odpowiedni nakaz z inspektoratu pracy, czy jak obecnie wytyczne z Z. U. S. Ci panowie jednak, przybывая z zewnątrz nie są w stanie przeprowadzić tej akcji, z tej prostej przyczyny, że nie znają dokładnie całego warsztatu tej pracy. A więc jedynym środkiem do opanowania wypadków w miejscach pracy, jest stworzenie na miejscu odpowiedniej organizacji, działającej ściśle z ogółem robotników na terenie danego zakładu. Organizacja ta chcąc stanąć na wysokości powierzonego zadania musi być zasilana niezbędnym materiałem organizacyjnym, jakoteż propagandowym otrzymanym stale z zewnątrz.

Omówiona organizacja i metody pracy przez nią przyjęte jedynie wówczas przyniosą należyty skutek, jeżeli zarówno pracodawca, jak i pracownicy będą lojalnie przestrzegać zasad zgodnego współdziałania. Dla spraw bezpieczeństwa zdobywa się powoli w Polsce coraz więcej zrozumienia, następstwem którego było powstanie na terenie Warszawy koła inżynierów bezpieczeństwa pracy przy stowarzyszeniu techników oraz organizowanie bezpieczeństwa pracy przy związku chemików polskich i przemysłu drzewnego. W zeszłym roku Związek Polskich Hut żelaznych, na których terenie już od roku 1928 wprowadzono kwestię bezpieczeństwa pracy, stworzył stałą komisję dla spraw bezpieczeństwa pracy, w której ześrodkowuje się praca nad bezpieczeństwem pracy całego wielkiego przemysłu żelaznego. Związek wprowadził już w swym sprawozdaniu za rok 1933 specjalny rozdział „Bezpieczeństwo pracy“, w którym omawia działalność związku w tej dziedzinie oraz podaje szczegółową statystykę wypadków zaszłych w hutach zrzeszonych w Związku, jakoteż prowadzi statystykę nieszczęśliwych wypadków opartą na jednolitych podstawach, której wyniki za rok 1934 przedstawiają się następująco:

wypadki lekkie bez przerwy w pracy	1.775
wypadki lekkie z przerwą w pracy do 4 tyg.	1.555
wypadki ciężkie z przerwą w pracy do 13 tyg.	384
wypadki ciężkie z przerwą w pracy ponad 13 tyg.	24
zupełna niezdolność do pracy	1
śmiertelnych	6

Obecnie organizacja bezpieczeństwa pracy na terenie Wspólnoty Interesów rozpoczyna działalność w celu rozszerzenia tego bezpieczeństwa na higienę zdrowia robotników przez stworzenie przy Generalnej Dyrekcji instytucji lekarza higienisty, który równocześnie prowadzić ma instytut badań

psychotechnicznych, gdzie bada się wszystkich nowowstępujących robotników-fachowców, jakoteż uczni lokalnych szkół zawodowych. Wyniki tej akcji na terenie W. I. dały już pozytywne wyniki, w porównaniu z rokiem 1928, a mianowicie: częstotliwość wypadków do roku 1935 spa-

dła do	60%
zaś ilość wypadków odszkodowanych około	12%
licząc je na 10.000 przepracowanych godzin	
otrzymany w rezultacie około	20%

Rezultatem tej akcji było zapewnienie tym hutom, które w obrębie swych zakładów prowadzą systematyczną akcję znacznej zniżki świadczeń, która wynosiła w roku 1934 prawie 40% poprzednio wypłacanych sum. Akcja prowadzenia

dalszych obniżek jest w toku. Wymagać będzie od nas pewnego wysiłku organizacyjnego i propagandowego w celu porwania do tego dzieła całej rzeszy nie tylko pracowników, ale i pracodawców, którzy rozumieją nasze trudne stanowisko, w którym się znajdujemy i że czasem dla dobra służby wymagamy rzeczy, o których przed tym żaden nie myślał. Postęp w tej dziedzinie idzie wielkim krokiem naprzód i ten, ktoby stał na miejscu, będzie się cofał wobec wartkiego biegu wypadków, jakie przed naszymi oczami się przesuwają.

Inż. W. Ogrodziński
szef Bezpieczeństwa Pracy - Hajduki W.

ZASADY DZIAŁANIA MASZYN CHŁODNICZYCH

Istnieje wiele różnych gałęzi przemysłu i handlu, w których maszyny chłodnicze znajdują zastosowanie. Na naczelnym miejscu stoi konserwacja i magazynowanie środków żywnościowych w chłodniach zarówno na lądzie, jak i na morzu (na okrętach). Duże zapotrzebowanie maszyn chłodniczych wykazuje przemysł chemiczny (browarnictwo, fabryki czekolady, nawozów sztucznych i i.). Chłodzenie gazów wilgotnych (zawierających parę wodną) jest jednym ze sposobów osuszania ich. Zadanie to spełniają chłodziarki przed aparatami do skraplania gazów oraz w hutnictwie żelaza przed wielkimi piecami. Również w kopalnictwie stosowane są maszyny chłodnicze, już to w celu oziębiania powietrza, wtłaczanego do głębokich szybów (aby umożliwić górnikom pracowanie), już to w celu zamrażania bagnistego lub piaszczystego terenu przed rozpoczęciem prac wiertniczych. Specjalny dział maszyn chłodniczych stanowią urządzenia do skraplania gazów. W końcu układy chłodnicze mogą być stosowane do mechanicznego ogrzewania.

W ogóle maszyny chłodnicze (w skróceniu nazywane chłodziarkami) znajdują zastosowanie tam, gdzie chodzi o: 1) obniżenie temperatury jakiegoś ciała poniżej temperatury otoczenia, 2) wytworzenie i utrzymanie różnicy temperatur między otoczeniem i tą przestrzenią, gdzie ma panować temperatura niższa od temperatury otoczenia.

Pierwsze zadanie spełniają chłodziarki np. podczas produkcji sztucznego lodu w porze letniej. Wodę, z której ma być wytworzony lód musi się oziębiać (pozbawiać ciepła) tak długo, dopóki temperatura jej nie spadnie najpierw do 0°C; następnie przy temperaturze 0°C musi być odebrane ciepło krzepnięcia (80 kcal/kg wody), aby spowodować zamianę cieczy na ciało stałe

(lód); wreszcie musi nastąpić przechłodzenie lodu o kilka stopni poniżej 0°C, aby podczas transportu lodu nie wywoływać zbyt dużych strat tego cennego materiału wskutek topnienia się go. Obniżenie temperatury wody poniżej temperatury otoczenia może zachodzić tylko przy zastosowaniu chłodziarki. Podobne zadanie przypada maszynom chłodniczym również przy skraplaniu powietrza i innych gazów.

W znacznie jednak wyższym stopniu chłodziarki są zaangażowane w spełnianiu zadania drugiego, tj. w utrzymywaniu niskiej temperatury w pewnej przestrzeni. Typowym przykładem takiego zastosowania chłodziarek są przechowalnie (lub mroźnice) łatwo psujących się materiałów (np. środków żywnościowych). Dzięki zastosowaniu chłodziarek w przechowalniach tych dla każdego rodzaju materiału utrzymuje się odpowiednio niską temperaturę, wiadomo bowiem, że rozwój bakterij gnilnych, powodujących rozkład ciał organicznych jest tym słabszy, w im niższej temperaturze drobnoustroje te muszą wegetować.

W tym krótkim artykule musimy ograniczyć się tylko do omówienia zasad termodynamicznych, na których oparte jest działanie maszyn chłodniczych, przeznaczonych dla chłodni.

II-ga Zasada termodynamiki

Przez ciągłą obserwację zjawisk przyrody zostało stwierdzone prawo, według którego ciepło przepływa samoczynnie jedynie od ciała o temperaturze wyższej do ciała o temperaturze niższej. Jeżeli zatem obserwować będziemy przestrzeń zamkniętą, w której przez spalanie pewnej ilości materiału opałowego została wytworzona temperatura wyższa od temperatury zewnętrznego powietrza, to przekonamy się, że wska-

tek odpływu ciepła do otoczenia temperatura powietrza w tej przestrzeni będzie spadać tak długo, dopóki w niej istnieje będzie nadwyżka temperatury w odniesieniu do otoczenia. Ruch ciepła ustanie w chwili, gdy temperatura w obserwowanej przestrzeni zrówna się z temperaturą otoczenia. Nadmienić tu należy, że otoczenie można uważać za olbrzymi zbiornik (źródło) ciepła, którego temperatura pomimo zysku skończonej ilości ciepła nie ulega zmianie.

Nie zaobserwowano natomiast nigdy takich zjawiska, aby temperatura w zamkniętej przestrzeni sama przez się spadała poniżej temperatury otoczenia, tzn. aby ciepło samoczynnie przepływało w kierunku rosnących temperatur. Dopiero zastosowanie maszyny chłodniczej umożliwia obniżenie i utrzymanie temperatury niższej od temperatury otoczenia. Z chwilą zaistnienia różnicy temperatur ciepło dopływa z otoczenia do chłodzonej ubikacji, maszyna zaś chłodnicza spełnia rolę pompy cieplnej, tzn. pobiera ciepło przy temperaturze, panującej w chłodni i podnosi je do temperatury wyższej od temperatury otoczenia tak, że ciepło to już samoczynnie może powrócić tam, skąd pochodzi, tzn. do otoczenia. Jeżeli chłodziarka zasysa taką ilość ciepła, jaka z otoczenia przedostaje się do przestrzeni chłodzonej, to wówczas istnieje stan równowagi cieplnej charakteryzujący się tym, że temperatura w chłodni jest stała.

Omówione wyżej prawo przyrody nosi nazwę II zasady termodynamiki, która w definicji Clausiusa opiewa w ten sposób: Zjawisko, mogące zachodzić w przyrodzie cechuje się tym, że przyrost entropii wszystkich ciał, biorących w nim udział ma wartość dodatnią; w najkorzystniejszym przypadku wielkość entropii całkowitego układu podczas przebiegu zjawiska może pozostać bez zmiany. Matematyczna forma II zasady termodynamiki ma więc następującą postać:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta S_i \geq 0, \dots \dots (1)$$

gdzie ΔS_i przedstawia przyrost entropii i -tego składnika układu składającego się z n składników.

Nie wdając się w bliższe rozważania nad entropią przypominamy, że elementarny przyrost entropii danego ciała oblicza się za pomocą równania:

$$dS = \frac{dQ}{T}, \dots \dots (2)$$

gdzie wyrażają:

dQ różniczkę ciepła pobranego przez to ciało w sposób odwracalny, tzn. element ciepła pobranego przy nieskończonej małej różnicy temperatur źródła i rozważanego ciała,

T K = 273 + t C temperaturę bezwzględną ciała (równą temperaturze źródła), dla którego oblicza się przyrost entropii.

Stosując równania (1) i (2) na wstępie wykażemy, że samoczynny transport ciepła w kie-

runku wzrostu temperatur jest niemożliwy. Niechaj źródło ciepła o stałej temperaturze T_1 odda Q ciepła drugiemu źródłu, którego stała temperatura T_2 jest większa od temperatury T_1 . W danym przypadku układ składa się tylko z dwu źródeł. Całkowity przyrost entropii spowodowany tym transportem ciepła wyniesie:

$$\sum_{i=1}^{i=2} dS = -\frac{Q}{T_1} + \frac{Q}{T_2} = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} < 0 \quad (1a)$$

Pierwszy człon po znaku równości przedstawia ubytek entropii źródła tracącego ciepło, drugi zaś wyraża przyrost entropii tego źródła, które ciepło pobrało.

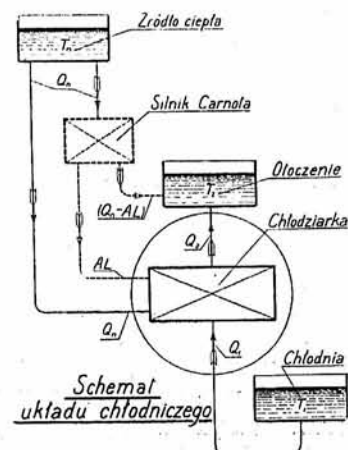
Z równania (1a) wynika, że suma przyrostu entropii dla obu źródeł ciepła ma wartość mniejszą od zera, co wskazuje na to, że opisane zjawisko w przyrodzie zachodzić nie może.

Chłodziarka idealna

Transport ciepła w kierunku rosnących temperatur jest możliwy tylko przez zastosowanie maszyny chłodniczej. Maszyna chłodnicza, podobnie jak pompa hydrauliczna, jest maszyną roboczą, tzn. zespół chłodniczy charakteryzuje się tym, że do jego ruchu potrzebny jest pewien wkład energii z zewnątrz. Poniżej zastanowimy się nad wielkością zużycia energii w chłodziarkach.

Bierzemy pod uwagę wyżej wspomniany stan równowagi cieplnej układu chłodniczego. Ponadto rozpatrywać będziemy idealny obieg chłodniczy, a więc obieg składający się z odwracalnych przemian termodynamicznych. W obiegu tym zatem wykluczone są zjawiska (nieodwracalne) tego rodzaju, jak: tarcie, rozprężanie się czynnika bez wykonania pracy (co zachodzi podczas przepływu przez rurociągi i zawory), wreszcie transport ciepła przy skończonej różnicy temperatur.

Na rys. 1 przedstawiono schemat energetyczny układu chłodniczego. Do układu chłodniczego dopływają: ciepło Q ze źródła, którego stała temperatura wynosi T_n oraz ciepło Q_1 z chłodni, w której utrzymywana jest stała tem-



Rys. 1.

peratura T_1 . W myśl zasady zachowania ilości energii (I zasady termodynamiki) ilość ciepła odprowadzonego do otoczenia przy temperaturze T_2 tegoż otoczenia musi być równa sumie ciepła Q_1 i Q_n , a więc:

$$Q_2 = Q_1 + Q_n \quad \dots (3)$$

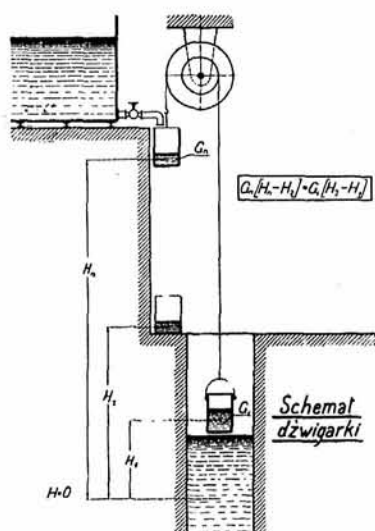
Opierając się na II zasadzie termodynamiki, dla idealnego obiegu chłodniczego możemy napisać:

$$\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_n}{T_n} - \frac{Q_1}{T_1} = 0 \quad \dots (4)$$

Po skojarzeniu równań (3) i (4) otrzymamy.

$$\frac{Q_1}{T_1} \cdot (T_2 - T_1) = \frac{Q_n}{T_n} \cdot (T_n - T_2) \quad \dots (5)$$

Można dopatrzeć się pewnego podobieństwa między opisanym urządzeniem chłodniczym i urządzeniem dźwigowym, przedstawionym na rys. 2. Aby pewna ilość cieczy G_1 mogła być pod-



Rys. 2.

niesiona z wysokości H_1 na wysokość H_2 musi inna ściśle określona ilość G_n spaść z wysokości H_n na wysokość H_2 . W maszynie chłodniczej zachodzą analogiczne stosunki. Pewna ilość ciepła Q_2 spada z temperatury źródła T_n do temperatury otoczenia T_2 , aby inna ilość ciepła Q_1 mogła być podniesiona z temperatury T_1 do temperatury T_2 . Z równania (5) wynika, że różnicy wysokości odpowiada w chłodziarce różnica temperatur, natomiast rolę ciężarów w urządzeniu chłodniczym spełniają stosunki ilości ciepła do odnośnej temperatury bezwzględnej, czyli tzw. ciepła zredukowane.

Po przeróbce równanie (5) taką przybiera postać:

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_n} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{T_n - T_2}{T_n} = \frac{(1 - \frac{T_2}{T_n})}{(\frac{T_2}{T_1} - 1)} \quad (5a)$$

Ciepło Q_1 odniesione do jednostki czasu nosi nazwę wydajności chłodniczej i przedstawia tę ilość ciepła, którą urządzenie chłodnicze w ciągu np. jednej godziny usuwa z chłodni

w celu utrzymania tamże stałej temperatury T_1 . Wielkość ta jest charakterystyczna dla danego urządzenia chłodniczego, od niej bowiem zależą rozmiary maszyny chłodniczej danego typu. Stosunek ε przedstawia tzw. właściwą wydajność chłodzenia idealnej chłodziarki i wyraża tę ilość ciepła, którą kosztem jednostki doprowadzonego (ze źródła o temperaturze T_n) ciepła podnieść można z chłodni (w której panuje temperatura T_1) do otoczenia (o temperaturze T_2). Współczynnik ε ma wartość dodatnią, co wskazuje na to, że w celu wywołania pewnego skutku chłodniczego energia musi być doprowadzona z zewnątrz tak, jak to powyżej (rys. 1) założono.

Z równania (5a) wynika, że układ chłodniczy funkcjonuje tym ekonomiczniej, im niższą wartość przedstawiają stosunki temperatur T_2/T_1 i T_2/T_n , innymi słowy: przy danej wydajności chłodniczej oraz nie wiele wahającej się temperaturze otoczenia zapotrzebowanie ciepła jest tym mniejsze, im wyższą jest temperatura, panująca w chłodni, i im wyższą temperaturę ma źródło ciepła, dostarczające energię maszynie chłodniczej.

Poza maszynami chłodniczymi, do których doprowadza się energię w postaci ciepła, częściej spotyka się układy chłodnicze zaopatrzone w silniki napędowe, dostarczające energię mechaniczną. W takim razie właściwa wydajność chłodzenia winna przedstawiać stosunek wydajności chłodniczej do włożonej pracy. Aby można było skorzystać z rozważań teoretycznych wyżej przytoczonych, należy między źródło ciepła o temperaturze T i otoczenie, którego temperatura wynosi T_2 , wstawić najekonomiczniejszy silnik, tj. silnik Carnota (p. rys. 1 linia przerywana). Część ciepła Q_n w silniku tym zamienia się na pracę potrzebną do napędu chłodziarki, reszta zaś odpływa do otoczenia z pominięciem chłodziarki. Wiadomo, że sprawność termiczna wspomnianego silnika (stosunek pracy A L oddanej przez silnik chłodziarce do ciepła doprowadzonego Q_n ma wartość:

$$\eta_c = \frac{A L}{Q_n} = \frac{T_n - T_2}{T_n} \quad \dots (6)$$

gdzie $A = \frac{1}{427} \frac{\text{kcal}}{\text{kGm}}$ przedstawia równoważnik

cieplny pracy mechanicznej.

Wstawiając zależność (6) do równania (5a) otrzymamy dla idealnego zespołu chłodniczego:

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{A L} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \quad \dots (7)$$

Równanie (7), podobnie jak równanie (5a), jest podstawą kardynalnej zasady chłodnictwa, a to: należy stosować temperaturę chłodzenia możliwie jak najwyższą.

Chłodziarki rzeczywiste.

Zarówno równanie (5a), jak i (7) przedstawiają maksymalne wartości właściwej wydajności chłodzenia; w rzeczywistych chłodziarkach

wydajność ta ma wartości mniejsze, spowodowane nieuniknionymi stratami, wywołanymi przemianami nieodwracalnymi, o których była mowa wyżej. Należy zwrócić tu specjalną uwagę na jedną okoliczność pogarszającą wielkość ϵ , a mianowicie: Aby urządzenie chłodnicze mogło zasysać ciepło w chłodni, musi w odpowiedniej części urządzenia panować temperatura niższa od temperatury w chłodni; również w tej części chłodziarki, w której odbywa się ruch ciepła na zewnątrz, musi istnieć temperatura wyższa od temperatury otoczenia. Tylko bowiem przy skończonym spadku temperatur może odbywać się dostatecznie szybka wymiana ciepła między ciałem cieplejszym i zimniejszym. Z tego wynika, że rzeczywisty zakres temperatur, między którymi musi pracować chłodziarka, jest szerszy, aniżeli ten zakres, jaki by istniał, gdyby ruch ciepła był możliwy przy nieskończonej małej różnicy temperatur. Rozszerzenie zakresu temperatur powoduje wzrost stosunku T_2/T_1 , co pogarsza wartość wydajności ϵ .

Stosunek rzeczywistej właściwej wydajności chłodzenia do wartości tegoż współczynnika obliczonej na podstawie równań (5a) lub (7) ma wartość mniejszą od jedności i przedstawia tzw. współczynnik sprawności i indykowaną η_i maszyny chłodniczej.

Po tych teoretycznych rozważaniach zastanówmy się nad technicznymi sposobami urzeczywistnienia skutku chłodniczego. Wiemy już o tym, że maszyna chłodnicza w jednym miejscu zasysa ciepło, a w innym ciepło to oddaje na zewnątrz. Ponieważ ciepło jest ściśle związane z materią, przeto w zamkniętym układzie rurociągów każdego urządzenia chłodniczego przepływać musi tzw. czynnik chłodniczy, który odgrywa rolę pośrednika przy transportowaniu ciepła z chłodni do otoczenia. Każde urządzenie chłodnicze musi się zatem składać z dwu wymienników ciepła: jednego, w którym ciepło przepływa z ubikacji chłodzonej do czynnika chłodniczego i drugiego wymiennika, gdzie ruch ciepła odbywa się od czynnika chłodniczego do otoczenia.

Pobieranie ciepła w ubikacji chłodzonej może odbywać się albo bezpośrednio, albo też pośrednio. W pierwszym przypadku węzownica z czynnikiem chłodniczym znajduje się w samej chłodni i ciepło przepływa z powietrza chłodni do czynnika zamkniętego w układzie rurociągów chłodziarki (p. rys. 3). W drugim przypadku w chłodni rozpięte są węzownice, przez które przepływa solanka, która po podgrzaniu się w chłodni przepompowywana jest przez niskotemperaturowy wymiennik ciepła, gdzie się oziębia, oddając ciepło czynnikowi chłodniczemu. Solanka odgrywa zatem rolę pośrednika, który podaje ciepło z chłodni do maszyny chłodniczej. Jak wiadomo, solanka przedstawia roztwór soli w wodzie, który odznacza się tym, że krzepnie w temperaturze niższej od 0°C. Przykład pośredniego chłodzenia jest przedstawiony na rys. 9b.

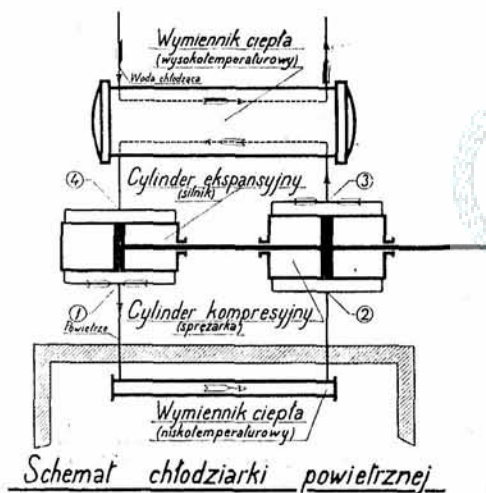
Tym czynnikiem, który pośredniczy w oddawaniu ciepła do otaczającej atmosfery jest za-

wyczaj woda chłodząca, która dopływa do wysokotemperaturowego wymiennika ciepła z niższą temperaturą, w wymienniku tym podgrzewa się i odprowadza ciepło na zewnątrz układu chłodniczego. Na rys. 9b przedstawiono jeden ze sposobów oddawania ciepła powietrzu otaczającemu przez wodę (przy pomocy wieży chłodniczej).

Podnoszenie ciepła (ściśle wyrażając się, ogrzewanie czynnika chłodniczego) z temperatury niższej (chłodni) na wyższą (otoczenia) — jak już wiadomo — odbywać się może w dwojaki sposób: a) albo przez wkład energii mechanicznej, b) albo przez doprowadzenie ciepła. W związku z tym chłodziarki dzielą się zasadniczo na: a) chłodziarki sprężarkowe, b) chłodziarki cieplne. Ze względu na rodzaj czynnika chłodniczego należy rozróżnić: α) chłodziarki gazowe (powietrzne), β) chłodziarki parowe.

Chłodziarki powietrzne.

Do najstarszego typu chłodziarek należą coraz rzadziej dzisiaj spotykane chłodziarki powietrzne. Schemat takiej chłodziarki przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3.

Układ rurociągów w tym urządzeniu chłodniczym należy podzielić na dwie części. Pierwsza część, zawarta między punktami 1 i 2 (p. rys. 3) charakteryzuje się tym, że powietrze przepływające przez nią ma ciśnienie mniejsze, aniżeli ciśnienie, panujące w części 3—4 chłodziarki. Dzięki pobraniu ciepła z chłodni powietrze ma w punkcie 2 temperaturę wyższą, aniżeli w punkcie 1. Temperatury powietrza t_1 i t_2 są niższe nie tylko od temperatur t_3 i t_4 , lecz także od temperatury panującej w chłodni.

Podwyższenie temperatury od t_2 do t_3 odbywa się za pomocą sprężenia (podniesienia ciśnienia) powietrza w sprężarce. (Schemat sprężarki przedstawiony jest szczegółowo na rys. 4). Część energii mechanicznej, zużytej do napędu sprężarki odprowadzana jest w postaci ciepła przez ściany cylindra sprężarki na zewnątrz, reszta zaś przyczynia się do podniesienia energii wewnętrznej

(energii kinetycznej cząsteczek) powietrza, co objawia się przez podwyższenie temperatury tegoż.

Miedzy punktami 3 i 4 załączony jest drugi wysokotemperaturowy wymiennik ciepła, który ma za zadanie odprowadzić do wody chłodzącej ciepło w ilości większej, aniżeli wynosi wydajność chłodnicza Q_1 , a to z powodu wspomnianego wkładu energii mechanicznej.

W celu wykorzystania energii sprężonego powietrza, głównie zaś w celu oziębienia go poniżej temperatury panującej w chłodni, wbudowany jest między punktami 4 i 1 silnik powietrzny (cylinder ekspansyjny), który oddaje część energii mechanicznej zużytej do napędu sprężarki. Po ekspansji od ciśnienia wyższego do ciśnienia niższego czynnik chłodniczy osiąga z powrotem punkt 1.

Jeżeli obserwować będziemy pewną cząstkę czynnika chłodniczego wewnątrz zamkniętego układu chłodniczego, to przekonamy się, że na swej drodze ulega ona różnym przemianom termodynamicznym, jednak takim, że końcowy punkt przemiany zgadza się z punktem początkowym. Przemiana taka nosi nazwę przemiany kołowej, krótko: obiegu termodynamicznego.

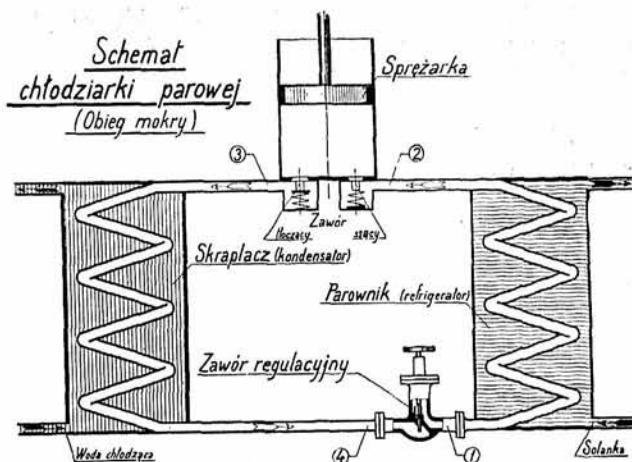
W myśl tego, co powyżej przedstawiono, chłodziarka powietrzna należy do typu chłodziarek sprężarkowych. Należy dodać, że w chłodziarkach gazowych nigdy nie stosuje się wkładu energii w postaci ciepła.

Chłodziarki powietrzne w obecnych czasach zostały zarzucone głównie z tego powodu, że przy danej wydajności chłodniczej wymiary konstrukcyjne całego zespołu wypadają znacznie większe, aniżeli wymiary chłodziarki parowej.

Chłodziarki parowe.

Chłodziarki parowe zasadniczo charakteryzują się tym, że przez nie obiega czynnik parowy, tj. taki czynnik, którego skroplenie w temperaturze otaczającego nas powietrza nie następuje żadnych trudności. Pary stosowane w chłodnictwie noszą nazwę zimnych par dlatego, że przy tym samym ciśnieniu w stanie nasycenia mają znacznie niższą temperaturę, aniżeli para wodna. Z najczęściej stosowanych czynników chłodniczych należy wymienić: amoniak NH_3 , bezwodnik kwasu węglowego CO_2 , bezwodnik kwasu siarkowego SO_2 i chlorek metylu CH_3Cl ; ostatnio w Ameryce został zastosowany w chłodnictwie etan C_2H_6 i propan C_3H_8 w celu osiągnięcia bardzo niskich temperatur ($-89^\circ C$). Para wodna H_2O w normalnym układzie sprężarkowym nie znalazła zastosowania, ponieważ ciężar właściwy tej pary w niskich temperaturach jest bardzo mały, co pociągałoby za sobą konieczność konstruowania potwornie dużych cylindrów sprężarki.

Wyższość chłodziarek parowych ponad gazowymi polega na tym, że wydajność chłodnicza jednostki masy parowego czynnika chłodniczego jest znacznie wyższa od takiejż wydajności gazu. Wiadomo, że zamiana jednostki masy cieczy na parę nasyconą suchą w niskotemperaturowym wymienniku ciepła wymaga bardzo znacznego wkła-



Rys. 4.

du ciepła, który jest kilka lub kilkanaście razy wyższy, aniżeli zapotrzebowanie ciepła przy przegrzaniu jednostki masy powietrza w tym wymienniku. Z powyższego wynika, że przy tej samej wydajności chłodniczej natężenie przepływu czynnika chłodniczego (ilość czynnika przepływającego w jednostce czasu przez dowolny przekrój urządzenia chłodniczego) w parowych maszynach chłodniczych jest znacznie mniejsze, aniżeli w chłodziarkach powietrznych. W związku z tym wymiary urządzenia chłodniczego (średnice rurociągów, wymiary sprężarki) w przypadku użycia parowego czynnika chłodniczego wypaść muszą mniejsze, aniżeli w przypadku stosowania powietrza jako czynnika chłodniczego.

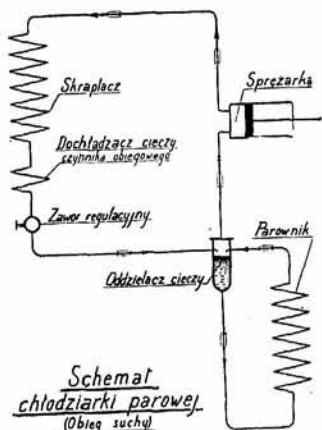
a) Chłodziarka sprężynowa.

Sprężarkowa chłodziarka parowa składa się z dwu wymienników ciepła, sprężarki i zaworu regulacyjnego, który zastępuje cylinder ekspansyjny (niezbędny w chłodziarkach powietrznych). Schemat takiej chłodziarki przedstawia rys. 4.

Sprężarka zasysa parę nasyconą (punkt 2) i spręża ją tak, że temperatura tej pary (w punkcie 3) staje się znacznie wyższa od temperatury otoczenia. Następnie para przepływa przez wysokotemperaturowy wymiennik ciepła, gdzie oddaje swe ciepło i skrapla się. Stąd wymiennik ten nosi nazwę skraplacza (kondensatora). W punkcie 4 przed zaworem regulacyjnym czynnik chłodniczy jest w stanie cieczy i ma ciśnienie wyższe od ciśnienia po drugiej stronie zaworu regulacyjnego. Po przejściu przez ten zawór następuje rozprężenie i oziębienie się czynnika, przy czym nieznaczna część cieczy wyparowuje. Ta mieszanina zimnej cieczy z parą przepływa następnie przez wymiennik ciepła niskotemperaturowy, gdzie dzięki pobraniu ciepła następuje prawie zupełne wyparowanie cieczy. Ten wymiennik ciepła słusznie nosi nazwę parownika (refrigeratora). Jest zupełnie jasne, że czynnik (solanka), który znajduje się po drugiej stronie ściany parownika dostarcza ciepła do odparowania czynnika chłodniczego, przez co sam się oziębia.

Omówiony obieg chłodniczy nosi nazwę obiegu mokrego, a to dlatego, że para czynnika chłodniczego wprowadza ze sobą kropelki cieczy do wnętrza cylindra sprężarki.

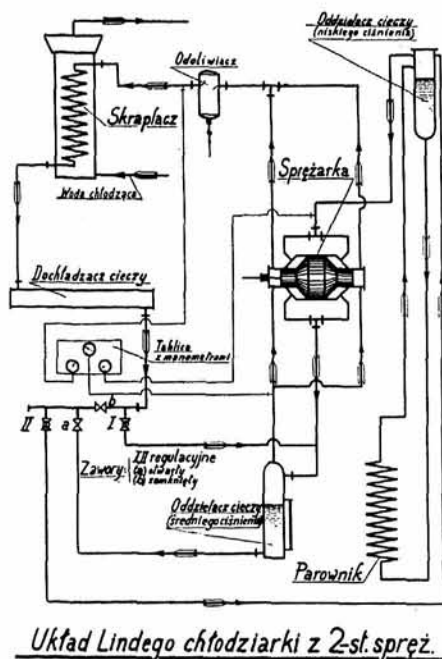
Ekonomiczniejszym od obiegu mokrego jest suchy obieg chłodniczy. Urządzenie chłodziarki, która umożliwia obieg suchy przedstawione jest schematycznie na rys. 5. Osobliwością tego urządzenia jest oddzielnik cieczy, zamontowany przed sprężarką. Czynnik chłodniczy po opuszczeniu zaworu regulacyjnego wpada do tego oddzie-



Rys. 5.

lacza i tam następuje odseparowanie pary od cieczy. Ciecz spływa w dół i przechodzi przez parownik, gdzie pod działaniem ciepła, pobranego od solanki wyparowuje. Z przestrzeni parowej oddzielnika cieczy para dopływa do sprężarki w postaci suchej; stąd też pochodzi nazwa obiegu suchego.

Korzyści, jakie płyną z obiegu suchego są te, że w jednostce czasu ta sama sprężarka przetła-



Układ Lindego chłodziarki z 2-st. spręż.

Rys. 6.

cza znacznie więcej czynnika chłodniczego, aniżeli w przypadku zasysania pary mokrej. W związku z tym wydajność chłodnicza danego urządzenia wzrasta.

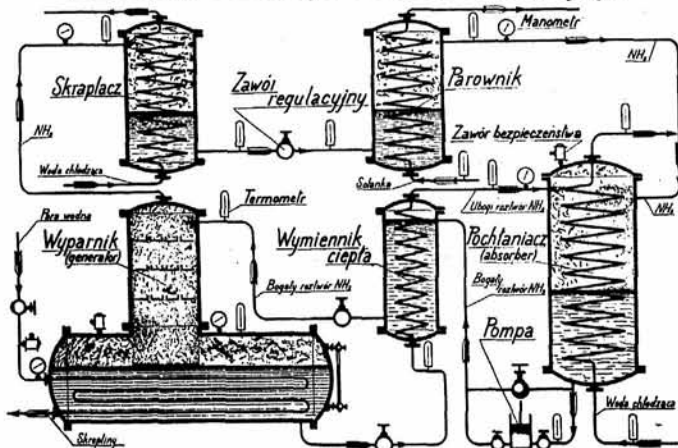
Jak już wspomniano, w chłodziarkach parowych został usunięty cylinder ekspansyjny i zastąpiony przez zawór regulacyjny. Postąpiono tak dlatego, ponieważ energia, którą odzyskalibyśmy wskutek ekspansji cieczy w cylindrze jest znikomo mała, a ciecz czynnika chłodniczego po przejściu przez zawór, nawet bez wykonywania pracy, wybitnie obniża swą temperaturę. Zawór regulacyjny, umożliwiający precyzyjne regulowanie przekroju wolnego przepływu przedstawiony jest na rys. 4.

Aby zwiększyć właściwą wydajność chłodzenia chłodziarek, stosuje się dochładzanie cieczy czynnika chłodniczego za pomocą zimnej wody chłodzącej, jak to przedstawiono na rys. 5 i 6, oraz sprężanie czynnika chłodniczego w dwustopniowej sprężarce, jak to uwidoczniono na rys. 6. Układ chłodniczy na rys. 6 jest jeszcze z tego powodu ciekawy, że chłodzenie pary między pierwszym i drugim stopniem sprężarki dokonuje się przez wstrzyknięcie ciekłego czynnika chłodniczego. Ostatni zabieg przyczynia się do zmniejszenia wkładu energii podczas sprężania.

b) Ciepłne maszyny chłodnicze.

Jak już wiadomo, ciepłne maszyny chłodnicze charakteryzują się tym, że doprowadza się do nich energię w postaci ciepła. Do tego typu maszyn należy zaliczyć przede wszystkim chłodziarkę absorpcyjną (rys. 7). Maszyna ta, podobnie jak inne chłodziarki, składa się z dwu zasadniczych wymienników ciepła (parownika i skraplacza) i zaworu regulacyjnego, co widoczne jest na rys. 7. Sprężarka mechaniczna została zastąpiona tutaj przez sprężarkę chemiczną; wykorzystano bowiem dużą zdolność absorbowania parowego amoniaku przez wodę. Para amoniaku z parownika dopływa więc do pochłaniacza (absorbera), gdzie styka się z ubogim, wodnym

Schemat amoniakalnej chłodziarki absorpcyjnej



Rys. 7.

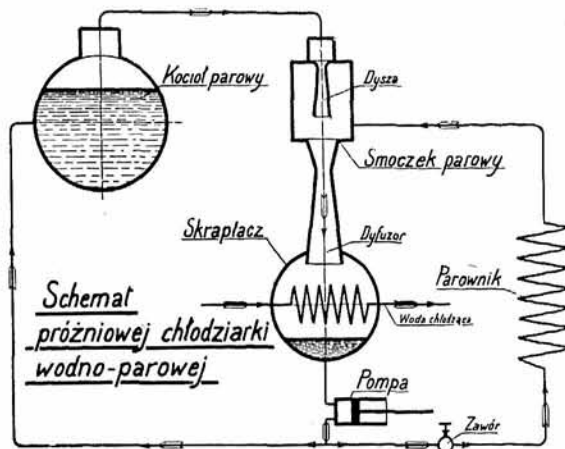
roztworem amoniaku. Ponieważ zdolność absorpcyjna wody jest tym większa, im niższa jest jej temperatura, przeto w pochłaniaczu umieszczona jest węzownica, przez którą przepływa woda chłodząca. Wzbogacony roztwór amoniakalny zasysa pompa i podaje tenże do tzw. wyparnika (generatora), do którego doprowadza się ciepło z gorącą parą wodną. Przez podwyższenie temperatury roztworu bogatego następuje wypędzenie zeń parowego amoniaku. Para amoniaku (ze śladami pary wodnej) odbywa dalszą drogę przez skraplacz, zawór regulacyjny, parownik do pochłaniacza, ubogi zaś roztwór amoniakalny również powraca do pochłaniacza po przekroczeniu zaworu, który oddziela część wysokoprężną od części niskoprężnej. Między pochłaniaczem i wyparnikiem włączony jest dodatkowy wymiennik ciepła, w którym powracający gorący roztwór ubogi oddaje część swego ciepła roztworowi bogatemu, zdążającemu do wyparnika, przez co zmniejsza się wkład energii cieplnej w wyparniku i zużycie wody w pochłaniaczu.

Z powyższego opisu wynika, że w układzie absorpcyjnym maszyny chłodniczej sprężarka została zastąpiona przez pompę, której napęd wymaga niezbyt dużego wkładu energii mechanicznej. W każdym razie energia ta jest znikomo mała w porównaniu z zapotrzebowaniem ciepła do podgrzewania roztworu w wyparniku.

Urządzenie chłodniarki absorpcyjnej jest bardziej skomplikowane, aniżeli urządzenie chłodniarki sprężarkowej. Maszyny absorpcyjne znajdują zastosowanie tylko tam, gdzie jest do dyspozycji tania energia cieplna (np. w parze odpadowej) i gdzie nie wiele kosztuje woda chłodząca, której ta maszyna zużywa więcej (w 2 aparatach: skraplaczu i pochłaniaczu), aniżeli maszyna sprężarkowa.

Wszystkie domowe maszyny chłodnicze należą do typu chłodziarek, w których „ciepło chłodzi“. Są to po największej części maszyny absorpcyjne, do których energię cieplną doprowadza się z prądem elektrycznym. Ponadto dzięki dowcipnym pomysłom w maszynach tych udało się usunąć zupełnie pompę, zawór regulacyjny, ba nawet jeden aparat spełnia kolejno podwójną rolę. W niektórych chłodziarkach domowych chłodzenie wodne zostało zastąpione chłodzeniem powietrznym.

Do rodziny ciepłych maszyn chłodniczych należy zaliczyć również chłodziarkę, w której czynnik chłodniczy stanowi para wodna (p. rys. 8). Już powyżej zaznaczyliśmy, że w sprężarkowych maszynach z tym czynnikiem sprężarka musiałaby mieć olbrzymie wymiary. Problem zasyssania i sprężania tego czynnika rozwiązano więc w ten sposób, że zastosowano smoczek parowy. Do smoczka doprowadza się gorącą parę wodną (a z nią ciepło), para ta ekspanduje w dyszy, przy czym nabywa olbrzymiej szybkości. Częsteczki rozpedzonego strumienia pary porwiją cząsteczki pary wodnej z parownika przy bardzo niskim ciśnieniu. Mieszanina pary doprowadzonej



Rys. 8.

z parą zassaną dostaje się najpierw do dyfuzora (rury w postaci podwójnego stożka), gdzie wskutek redukcji energii kinetycznej wzrasta ciśnienie pary, a następnie do skraplacza, gdzie ulega skropleniu. Stan wody w parowniku utrzymuje się przez odpowiednie regulowanie (zaworem) wody ze skraplacza.

Opisana próżniowa maszyna chłodnicza ma bardzo małą sprawność indykowaną i dlatego może być stosowana tylko tam, gdzie ma się do dyspozycji tanią parę odpadkową. Jest oczywiste, że schemat, przedstawiony na rys. 8 należałoby uzupełnić silnikiem parowym; świeża para z kotła dopływa najpierw do silnika, gdzie część jej energii przemienia się w pracę, po czym dopiero wprowadzana jest do chłodziarki. Zaletą tej chłodziarki jest wielka prostota i taniość.

Pompa cieplna.

Na zakończenie rozważań o chłodziarkach należy wspomnieć jeszcze o zastosowaniu układu chłodniczego do celów wręcz odmiennych, aniżeli te, o których dotychczas była mowa, a mianowicie do celów grzejnych. Jako przykład takiego zastosowania niechaj posłuży schemat mechanicznego ogrzewania budynków w Kalifornii, przedstawiony na rys. 9a. W układzie tym widzimy znane nam już części składowe maszyny chłodniczej, a więc: sprężarkę, skraplacz, zawór regulacyjny i parownik, stanowiące całość zamkniętą, przez którą przepływa chlorek metylu CH_3Cl . Ciepło, pobierane jest przez CH_3Cl z powietrza otaczającego w ten sposób, że przez parownik przepływa woda, która po oddaniu części swego ciepła czynnikowi chłodniczemu, przepompowywana jest na szczyt wieży chłodniczej. W wieży tej przez zetknięcie się z cieplejszym, zewnętrznym powietrzem woda podgrzewa się, uzupełniając w ten sposób stratę swego ciepła w parowniku.

Sprężarka zasysa parę CH_3Cl i po sprężeniu przepycha ją przez skraplacz, gdzie para oddaje ciepło wodzie chłodzącej. Ciecz chlorku metylu po przejściu przez zawór regulacyjny powraca do parownika, a stamtąd do sprężarki. Woda chłodząca

