

# MECHANIK

DRUGI ZESZYT CIEPLNY POD OGÓLNYM KIERUNKIEM PROF. DR. B. STEFANOWSKIEGO.

Prof. K. SMOLEŃSKI.

## O gospodarce cieplnej w cukrowni.

W artykule niniejszym chcemy dać czytelnikom *Mechanika* na przykładzie cukrowni nieco bliższe pojęcie o tem, jak się kształtuje gospodarka cieplna w fabrykach chemicznych. Podczas kiedy w fabrykach mechanicznych w większości wypadków korzystamy z paliwa prawie wyłącznie, jako ze źródła energii mechanicznej, w fabrykach chemicznych — prawie zawsze obok energii mechanicznej potrzebujemy znacznych ilości energii cieplnej. Spotykamy się tu przytem z dwoma skrajnemi przypadkami:

1. W pierwszym — używamy energii cieplnej w celu uzyskania bardzo wysokich temperatur, przewyższających zwykle  $1000^{\circ}$ ; tak jest, np. w fabrykach metalurgicznych (wielkie piece, piece Martenowskie), w hutach szklanych, w cementowniach i t. p. W tym przypadku korzystamy bezpośrednio z energii cieplnej paliwa (węgla, koksu, drzewa), dziś zwykle uprzednio przetworzonego na gazy palne (gaz generatorowy, wodny). W przypadkach specjalnych, np. kiedy chodzi o otrzymanie temperatur powyżej  $2000^{\circ}$ , korzystamy do celów ogrzewania z energii elektrycznej (piece do wytapiania specjalnych gatunków stali, do spalania powietrza na kwas azotowy).

2. W drugim przypadku chodzi o uzyskanie względnie niskich temperatur, nie przewyższających zwykle  $150 - 200^{\circ}$ ; w tym razie przetwarzamy zwykle uprzednio energję cieplną paliwa w kotłach parowych na energję cieplną pary wodnej i stosujemy ją do ogrzewania w postaci pary nasyconej o rozmaitej prężności, a w przypadkach specjalnych, np. kiedy chodzi o uzyskanie temperatur powyżej  $150 - 200^{\circ}$ , w postaci pary przegrzanej. Zastosowanie w tym przypadku pary zamiast ogrzewania „ogniowego” przynosi znaczne korzyści: oszczędność na paliwie, łatwość obsługi i regulowania ogrzewania, uniknięcie przegrzania i przypalania i t. d.

W cukrowni mamy właśnie przypadek drugi, t. j. potrzebujemy energii cieplnej do ogrzewania do temperatur poniżej  $150 - 200^{\circ}$ , za wyjątkiem pieca wapiennego, wymagającego temperatury powyżej  $1000^{\circ}$ .

Do zapoznania czytelników z gospodarką cieplną cukrowni skłania nas kilka poważnych przyczyn. Przedewszystkiem cukrownictwo jest z pomiędzy różnych gałęzi polskiego przemysłu chemicznego najlepiej rozwinięte i postawione. Polska posiada w dzisiejszych swych granicach ok. 70 czynnych cukrowni, nie licząc kilkunastu zniszczonych w czasie wojny, które nie wznowiły jeszcze swej działalności. Prócz tego pozostało jeszcze kilkanaście cukrowni na ziemiach etnograficznie polskich, ale do Polski dziś nie należących, (na Śląsku, na Mazowszu Pruskim). Poza tem znaczna część cukrowni ukraińskich, szczególnie na Ukrainie prawobrzeżnej, była własnością polską, a we wszystkich

prawie cukrowniach ukraińskich znaczna część pracowników należała do narodowości polskiej. Cukrownie, leżące na ziemiach etnograficznie polskich, wytwarzały przed wojną około 700 000 ton. cukru rocznie, co wynosiło około 4% produkcji światowej, zajmowały ziemie polskie pod tym względem czwarte miejsce w Europie (Niemcy, Rosja, Czechy, Polska). Dziś wobec zniszczenia przemysłu cukrowniczego na Ukrainie, mogłaby Polska zająć trzecie miejsce. Niestety, dla różnych przyczyn, związanych z Wojną Światową i warunkami lat ostatnich, wytwórczość cukru na Ziemiach Polskich zmniejszyła się znacznie, nie przewyższając w latach ostatnich  $\frac{1}{3}$  produkcji przedwojennej.

Wartość cukru, wytwarzanego na Ziemiach Polskich przed wojną wynosiła, nie licząc akcyzy, około 80 milionów rubli przedwojennych (czyli około 80 miliardów marek polskich w obecnej chwili), a dochód państwowy w postaci akcyzy wynosił prawie drugie tyle. Jest więc cukrownictwo jednym z większych naszych bogactw narodowych i od pomysłu jego rozwoju w znacznej mierze zależy poprawa naszego bytu ekonomicznego. Bardzo wielu chemików, inżynierów, techników, mechaników i rzemieślników znajduje zatrudnienie w cukrowniach polskich oraz w fabrykach wytwarzających maszyny i aparaty dla przemysłu chemicznego. Fabryki takie posiadamy; zaopatrywały one w aparaty i maszyny cukrownie Polskie i Ukraińskie. Wielu cukrowniom naszym brak jeszcze wykształconych i praktycznie wykwalifikowanych mechaników i w tym kierunku dużo jest do zrobienia.

Racjonalne zużycie paliwa, a więc racjonalne postawienie gospodarki cieplnej, jest jednym z ważnych technicznych warunków taniego wytwarzania cukru. Z ogólnych technicznych kosztów przerobowych, które przed wojną wynosiły dla cukrowni w Kongresówce około 50 kop. na pud wyrobionego cukru, koszt paliwa wynosił około 15 — 20 kop. Większość cukrowni spalała znacznie więcej węgla, niżby wypadało przy dzisiejszym stanie techniki, ustępując pod tym względem cukrowniom Ukraińskim. Mamy więc dużo do zrobienia w najbliższej przyszłości w sprawie odpowiedniego postawienia gospodarki cieplnej w naszych cukrowniach.

Nareszcie cukrownictwo jest gałęzią przemysłu chemicznego, w której gospodarka cieplna doszła do wysokiego stopnia doskonałości.

Wiele pomysłów z zakresu gospodarki cieplnej znalazło poraz pierwszy zastosowanie w cukrownictwie i stąd dopiero przewędrowało do innych fabryk.

Cukrownie chętnie stosują nowe wynalazki z zakresu gospodarki cieplnej i dbają o postawienie swoich urządzeń cieplnych na wysokim poziomie.



# I. Schemat cukrowni. Zagrzewacze i aparaty wyparne.

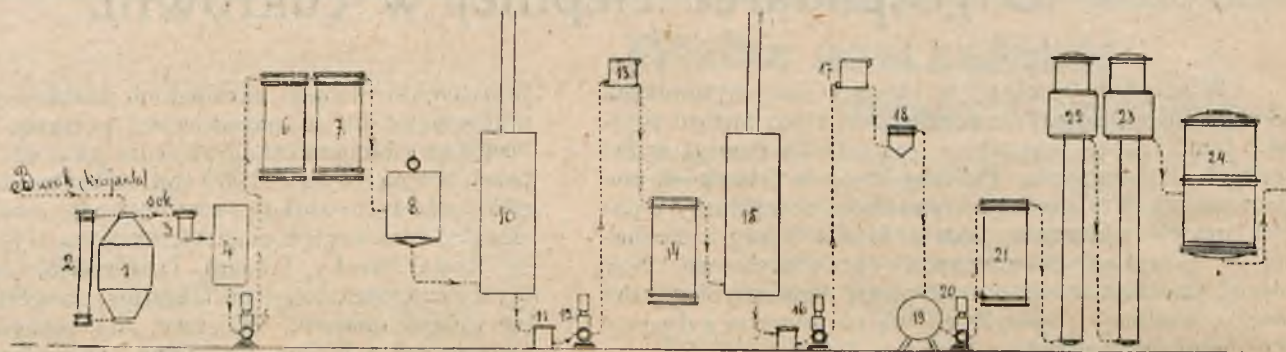
Dla lepszego zrozumienia naszego artykułu uważamy za wskazane zapoznać czytelnika z fabrykacją cukru i z urządzeniami cukrowni, wytwarzających t. zw. kryształ, czyli mączkę cukrową.

Burak cukrowy (korzeń) zawiera cukier (17—18%) w postaci rozpuszczonej w soku i zanieczyszczonej innymi substancjami. Otrzymywanie cukru polega na wydobyciu soku z buraka, na oczyszczeniu tego soku, dalej na zagęszczeniu go przez odparowanie do takiej gęstości, żeby cukier wydzielił się w postaci krystalicznej. Cukier krystaliczny oddzielamy od syropu cedze-

Już z podanego schematu widzimy, że w cukrowni mamy cały szereg aparatów i stacji, które muszą być ogrzewane zapomocą pary.

Ażeby dać czytelnikom pewne pojęcie o tem, jak się buduje aparaty do ogrzewania cieczy zapomocą pary, podajemy obok rysunki, uzmysławiające: a) zagrzewacz t. zw. szybkooprądowy i b) aparat wyparny t. zw. pionowy (rys. 2 i 3).

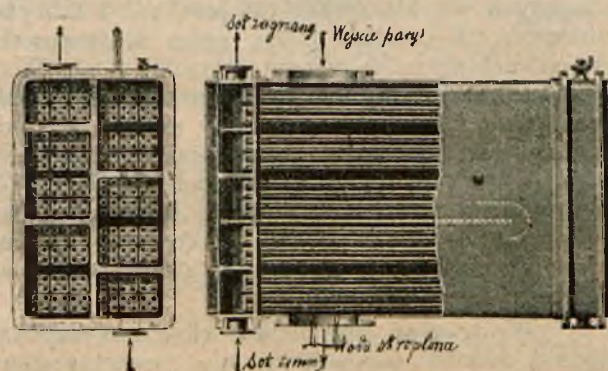
W zagrzewaczu szybkooprądowym (rys. 2) sok krąży wewnątrz rurek mosiężnych o średnicy około 35 mm, zaś ogrzewająca para — w przestrzeni między rurkami. W celu nadania sokowi większej szybkości dochodzącej do 1,5 m/s.) przepuszczamy go nie od razu



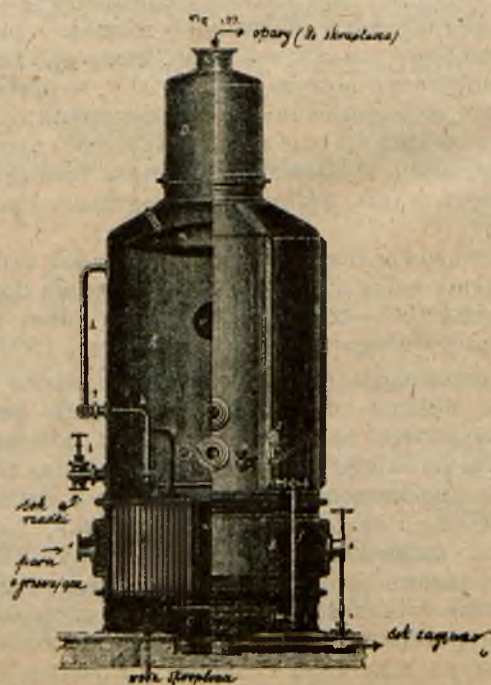
Rys. 1. Schemat cukrowni.

niem przez sita metalowe w t. zw. „wirówkach“, bielimy zapomocą wody i pary i suszymy.

Załączony schemat cukrowni (rys. 1) daje pojęcie o fabrykacji i stosowanych aparatach. Po wymyciu w płucce (nie wskazanej na schemacie) idzie burak na krajalnicę (również nie wskazaną), gdzie zostaje pokrajany przez specjalne noże na wąskie długie pasemka (krajankę) i w tej postaci zostaje załadowany do dyfuzorów (1), gdzie przez ogrzewanie z wodą zostaje z buraków wyciągnięty sok surowy. Sok ten przez mierniki (4) i zagrzewacze (6, 7), zagrzany do 80 — 90°, trafia do kadzi z mieszadłami (8), gdzie zostaje poddany oczyszczającemu działaniu wapna. Oczyszczenie uzupełnia się w kotłach saturacyjnych (10), gdzie sok nawapniony zostaje poddany działaniu dwutlenku węgla (gazu saturacyjnego, wyciągniętego z pieca wapiennego); poczem idzie dalej na cedzidła ciśnieniowe (błotniarki) (13), gdzie oddzielone zostają zanieczyszczenia (błoto), a sok odcedzony przez zagrzewacze (14) trafia na II saturację (15), gdzie powtórnie zostaje poddany działaniu gazu saturacyjnego; poczem przechodzi przez cedzidła (17) i dodatkowo przez cedzidła (18) poczem schodzi do zbiornika soku oczyszczonego (19). Stąd pompa (20) zabiera go i tłoczy przez zagrzewacz (21) do działu przedwstępnego (22) wyparki wielodziałowej (22 — 27). W wyparce sok rzadki przez odparowanie znacznych ilości wody zostaje zagęszczony na syrop. Z ostatniego działu wyparki (27) syrop zabrany pompą (29) trafia na oczyszczenie do kotła (30), skąd dalej przez zagrzewacz (31), zbiornik (32) i cedzidła (33) trafia do zbiornika syropu (34). W t. zw. „warniku” (35) następuje ostateczne zagęszczenie syropu, gotowanie go na kryształ. Otrzymana po zgotowaniu mieszanina kryształu i syropu, zwana cukrzycą, spuszcza się do mieszadeł (36), skąd idzie na wirówkę (37), gdzie kryształ zostaje oddzielony od odcieku i wybielony. Odciek trafia przez zbiornik (38) i pompę (39) do zbiornika (40) i do warnika (41), gdzie gotuje się na cukrzycę II-go gatunku. Dalej idą mieszadła (42) dla II cukrzycy i wirówki (43). Odciek z tych wirówek już cukru przez krystalizację dać nie może i jako odpadek (melas) idzie do zbiornika (46).



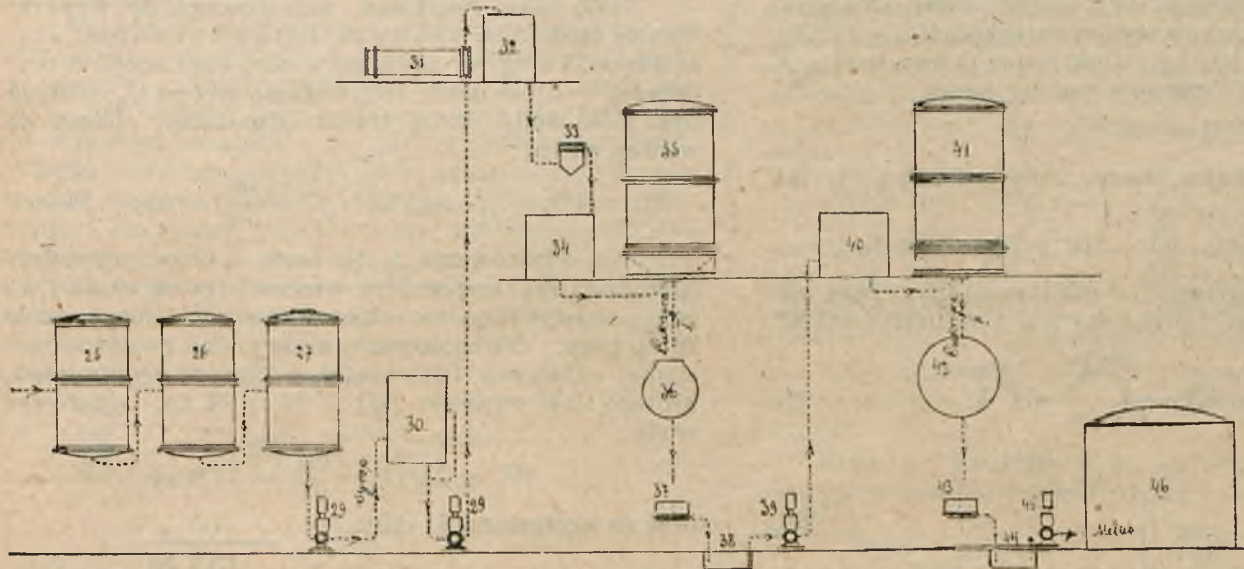
Rys. 2. Zagrzewacz szybkooprądowy leżący.



Rys. 3. Aparat wyparny pionowy.

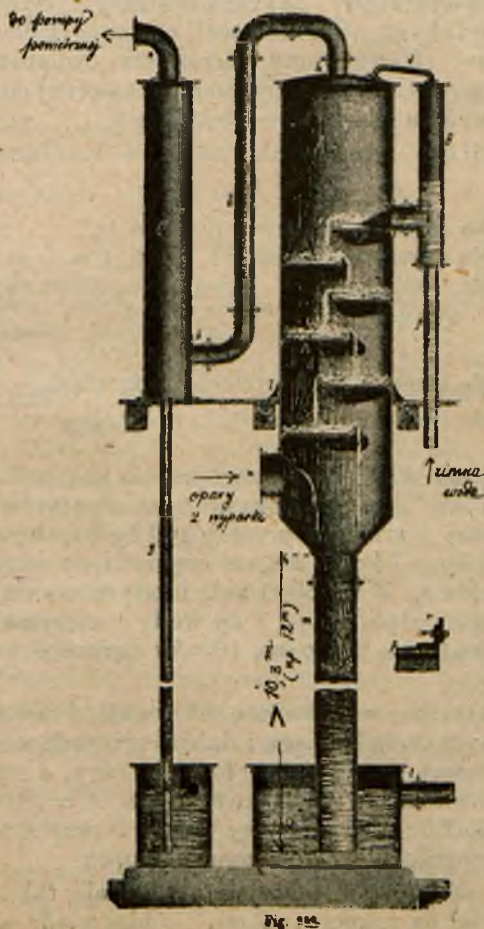


przez wszystkie rurki, lecz rozdzielamy je zapomocą przegród na liczne sekcje, przez które sok zmuszony jest przechodzić po kolei. Znaczna szybkość, którą nadajemy sokowi, zwiększa szybkość przechodzenia ciepła przez powierzchnię rurek i przez to pozwala zmniejszyć powierzchnię ogrzewalną zagrzewacza.



Rys. 1. Schemat cukrowni.

Rys. 3 wyobraża poszczególny dział wyparki, jako pojedynczy aparat wyparny t. zw. pionowy. Do odparowania wody z soku w celu zgęszczenia roztworu cukru służy ciepło, doprowadzane z parą wodną wchodzącą przez zawór i trafiającą do komory parowej B, utworzonej przez boczne ścianki aparatu oraz górne



Rys. 4. Skraplacz barometryczny.

i dolne dno. Między dnami wwalcowane są liczne rurki mosiężne  $rr$  o niewielkiej średnicy (około 30 — 35 mm), wysokie na 600—800 mm. Sok, poddawany odparowaniu, znajduje się na dnie aparatu i wewnątrz rurek. Pod wpływem ciepła pary, oddawanego przez ścianki rurek sok zaczyna wrzeć i zostaje razem z wytworzoną

parą wyrzucony do góry. Opary oddzielają się od zagęszczonego soku, który przez środkową rurę  $U$  o większej średnicy wraca na dno aparatu, opary zaś przez otwór  $d$  w górnej części aparatu dążą bądź do następnego działu wyparki bądź do skraplacza. Aparaty wyparne w cukrowni pracują prawie zawsze pod „próżnią“ (zmniejszonym ciśnieniem), do wytwarzania której służy skraplacz t. zw. „barometryczny“ (rys. 4) i pompa powietrzna.

## II. Obliczenie ilości pary potrzebnej do przerobu 100 kg. buraków.

Cukrownie używają pary z kotłowni do 2 ch celów: 1) do celów mechanicznych (przenoszenie, mycie, krajanie buraków, poruszanie licznych pomp do cieczy i gazów, napęd wirówek, mieszadeł i t. d.); 2) do celów ogrzewania (dyfuzory, zagrzewacze soków, odparowanie soku, gotowanie na kryształ i t. d.) (rys. 5 i 6).

## Schematy gospodarki cieplnej w cukrowni.

### fl. Schemat I. (Rys. 5).

Spróbujmy obliczyć, jaka ilość pary, licząc na 100 kg przerobionych buraków, byłaby potrzebna dla obsługi cukrowni w tym przypadku, gdybyśmy oddzielnie używali pary do maszyn parowych, zaopatrzonych w skraplacze, a oddzielnie do ogrzewania rozmaitych stacji fabrycznych.

1) Na siłę mechaniczną cukrownia o przeroście 10 000  $q$  na dobę potrzebuje około 600 KM. Maszyna parowa przy prężności pary w kotle  $p = 14—15$  at., zaopatrzona w skraplacz pary odlotowej, przy mocy około 600 HP. potrzebuje około 7 kg pary na konia i godzinę, a więc wszystkiego 4200 kg pary na godzinę czyli około 1,2 kg/s.

Przerób cukrowni wynosi około 40 000 kg na godzinę czyli około 11 kg/s. Cukrownia taka będzie więc zużywała na 100 kg buraków, przerobionych w ciągu 9 sek.,  $1,2 \times 9 =$  około 11 kg pary z kotła na maszynę parową.



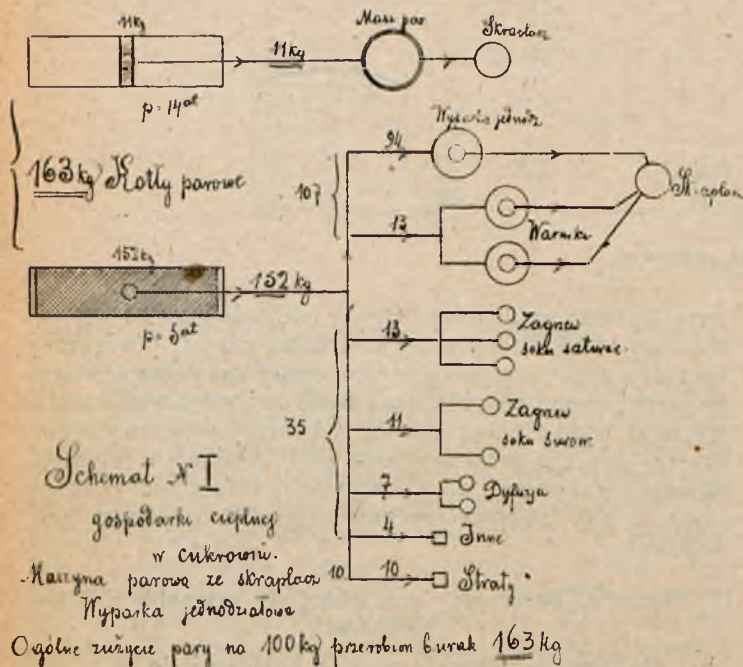
2) Ilość pary, potrzebnej do ogrzewania soków produktów na różnych stacjach, może być dosyć ściśle obliczona dla danej fabryki. Ażeby dać pojęcie o tego rodzaju obliczeniach, przytoczymy obliczenie ilości pary, potrzebnej do zagrzania soku surowego od temperatury  $t_1 = 30^\circ$ , z jaką otrzymuje się po wyjściu z dyfuzorów, do  $t_2 = 85^\circ$ . Ilość soku surowego ze 100 kg buraków wynosi dziś około 105 — 110 kg, przyjmijmy  $A = 107$  kg. Ilość ciepła  $Q$  wyrażona w K (dużych kalorjach) wyniesie według wzoru:

$$Q = Ac(t_1 - t_2)$$

( $c$  — ciepło właściwe cieczy, przyjmujemy = 1, jak dla wody).

$$Q = 107 \times (85 - 30) = 107 \times 55 = 5885 \text{ Kal.}$$

Jeżeli do ogrzewania soku stosujemy parę, np. z II działu wyparki, o prężności  $p = 1$  at., czyli  $t = 100^\circ$ ,



Rys. 5.

to 1 kg takiej pary skraplając się wydziela i oddaje ogrzewanemu sokowi ciepło ukryte parowania, które według wzoru ogólnego

$$r = 606,5 - 0,695 t$$

wyniesie

$$r = 606,5 - 0,695 \times 100 = \text{około } 537 \text{ kal.}$$

Na oddanie 5885 kalorji potrzeba więc  $\frac{5885}{537} =$  około 11 kg pary.

W podobny sposób wyliczono rozchód pary na ogrzewanie na różnych stacjach, jak następuje: <sup>1)</sup>

Na 100 kg przerobionych buraków zużycie pary wynosi:

na baterję dyfuzyjną . . . . .	7 kg
na zagrzewacz soku surowego . . . . .	11 "
na zagrzewacz soku saturacyjnego, soku przed wyparką i inne. . . . .	13 "
na inne potrzeby . . . . .	4 "

Razem . . 35 kg

<sup>1)</sup> podane cyfry dotyczą cukrowni współczesnej z urządzeniami o wysokiej technicznej doskonałości, przy zastosowaniu odpowiednich sposobów pracy.

3) Oprócz ogrzewania soków i produktów na wyżej wskazanych stacjach mamy jeszcze bardzo znaczny rozchód ciepła na odparowanie wody z soku rzadkiego w celu zagęszczenia go na syrop i na następne zgotowanie syropu na kryształ.

Te ilości pary mogą być obliczone jak następuje:

Ilość soku rzadkiego, wchodzącego do wyparki wynosi około  $S = 130$  kg na 100 kg buraków, stężenie soku (%-wa zawartej suchej substancji w roztworze) —  $C_1 =$  około 18%, stężenie syropu  $C_2 =$  około 65%. Ilość wody, którą trzeba odparować, obliczy się według wzoru:

$$W_1 = S(1 - \frac{C_1}{C_2}) = 130 \times (1 - \frac{18}{65}) = \text{około } 94 \text{ kg}$$

Na odparowanie 1 kg wody z soku, uprzednio ogrzanego do temperatury wrzenia, trzeba około 1 kg pary; należy więc na odparowanie soku zużyć około 94 kg pary. Na zgotowanie na kryształ, do zawartości suchej substancji 94%, trzeba z otrzymanego syropu, którego ilość wyniesie  $130 - 94 = 36$  kg, odparować wody:

$$W_2 = 36(1 - \frac{65}{94}) = 11,9 \text{ kg}$$

oraz na zgotowanie II rzutu . . . 1,5 "   
 13,4 kg

na co potrzeba około 13 kg pary.

Razem na odparowanie soku i zgotowanie syropu:  $94 + 13 = 107$  kg pary.

4) Nareszcie pewna ilość pary z kotła będzie zużyta na straty pary i ciepła w przewodach i aparatach przez promieniowanie i w inny sposób. Duża cukrownia współczesna posiada kilometry przewodów parowych, sokowych, wodnych i wielką powierzchnię aparatów. Wskazane straty byłyby bardzo znaczne, gdybyśmy nie stosowali otulania (izolacji) rur i aparatów. Nawet przy starannem otulaniu, które odgrywa poważną rolę w gospodarce cieplnej cukrowni, trzeba liczyć na straty 5 — 10 kg pary.

Ogólny rachunek pary z kotłów parowych:

1. Na maszynę parową, $p = 14$ at. . . . .	11 kg
2. Na ogrzewanie różnych stacji, $p = 5$ at. . . . .	35 "
3. Na odparowanie soku i zgotowanie syropu . . . . .	107 "
	153 kg
4. Na straty w przewodach i aparatach. . . . .	10 "
Razem . . . . .	163 kg

W razie więc oddzielnego użycia pary na maszynę parową i na każdy z ogrzewanych aparatów ogólne zużycie pary z kotła na przerób 100 kg buraków wyniosłoby 163 kg. Licząc zaś na węgiel kamienny o wartości opałowej  $W = 6500$  kal. i odparowaniu  $A = 7$  (1 kg węgla odparowuje 7 kg wody), otrzymalibyśmy zużycie węgla = 23 kg na 100 kg przerobionych buraków.

Faktycznie współczesne cukrownie, o racjonalnych technicznych urządzeniach i dobrze prowadzonej gospodarce parowej, zużywają około 60 kg pary, a dochodząc do odparowania na wskazany węgiel  $A = 8,5$  potrzebują około 7,5% węgla, a więc około 3 razy mniej, aniżeli to wypadło ze wskazanego rachunku.

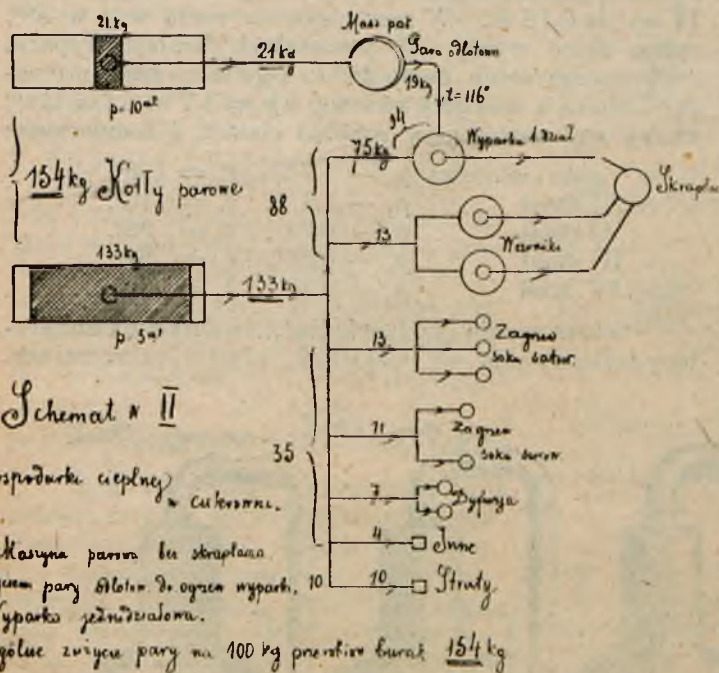
W jakim sposobie osiągnięta zostaje tak znaczna oszczędność na zużyciu paliwa? Odpowiedź na to pytanie dadzą nam schematy następne.



## B. Schemat II-gi. (Rys. 6).

Pierwszym stale stosowanym w fabrykach chemicznych sposobem do osiągnięcia oszczędności na parze jest zaniechanie skraplania pary odlotowej z maszyny parowej i użycie jej do celów ogrzewania.

Wiemy, że na wytwarzanie energii mechanicznej w maszynie parowej zostaje zużyta zaledwie część energii cieplnej, zawartej w parze (10 — 20%), reszta zaś (80 — 90%) energii pary otrzymuje się z parą odlotową i w wypadku skraplania tej pary ginie bezużytecznie. Fabryki chemiczne wyzyskują tę znaczną ilość ciepła zawartą w parze odlotowej, stosując ją do celów ogrzewania. Nadajemy przytem parze odlotowej prężność znacznie wyżej 1 at., dochodzącą do 1,7—2,0 at., co odpowiada temperaturze 116—120°, a to w tym celu, ażeby korzystać z tej pary do ogrzewania różnych aparatów do temperatur także powyżej 100° oraz ażeby zmniejszyć powierzchnie ogrzewalne.



Rys. 6.

Dobre maszyny parowe o mocy około 600 HP., przy prężności pary w kotłach  $p_1 = 10 - 12$  at., a pary odlotowej  $p_2 = 1,7 - 2,0$  at., wymagają około 13—14 kg pary na konia i godzinę. Rozchód pary na 600 HP. i 1 godz. wyniesie  $14 \times 600 = 8400$  kg, a na sekundę — 2,33 kg. Ponieważ 100 kg buraków wymagają w naszym przykładzie do przerobienia 9 sekund, więc maszyna parowa pobiera na przerób 100 kg buraków:  $2,33 \times 9 =$  około 21 kg pary z kotła.

Ilość pary odlotowej dla wskazanych warunków wynosi około 90% od pary wlotowej, a więc  $21 \times 0,9 =$  około 19 kg.

Para odlotowa o  $p = 1,7$  at. i  $t = 116$  przy użyciu do ogrzewania, oddaje przez skraplanie następujące ilości ciepła: według wzoru ogólnego

$r = 606,5 - 0,695 t = 606,5 - 0,695 \times 116 =$  ok. 524 kal.

Dla pary zaś z kotła o prężności  $p = 5$  at. i  $t = 150^\circ$ :

$r = 606,5 - 0,695 \times 150 =$  około 500 kal.

Z zestawienia ostatnich cyfr widzimy, że ilość ciepła, którą oddaje 1 kg pary o prężności  $= 1,7$  at jest nawet nieco wyższa, niż para o  $p = 5$  at. w przypuszczeniu, że skraplana woda nie oddaje swego ciepła.

Pod tym więc względem para odlotowa posiada dla celów ogrzewania wartość równoznaczną z parą kotłową o wyższym ciśnieniu. Posiada jednak para odlotowa w porównaniu z parą świeżą z kotła następujące braki: 1) można ją stosować tam tylko, gdzie chodzi o ogrzewanie do temperatur nie przekraczających  $105^\circ - 110^\circ$ , podczas kiedy za pomocą pary świeżej o  $p = 5$  at. możemy ogrzewać aż do  $140^\circ$ ; 2) niższa temperatura pary odlotowej wymaga do osiągnięcia tego samego rezultatu większej powierzchni ogrzewania, co wynika ze wzoru zasadniczego dla obliczania powierzchni ogrzewalnych.

Wzór ten brzmi:  $S = \frac{Q}{K(t_1 - t_2)}$ , gdzie  $S$  po-

wierzchnia ogrzewalna w  $m^2$ ;  $Q$  — ilość doprowadzonego przez 1 minutę ciepła w kalorjach;  $t_1$  — temperatura pary ogrzewającej,  $t_2$  — temperatura środowiska ogrzewanego;  $K$  — współczynnik przechodzenia ciepła.

Całą ilość pary odlotowej możemy w cukrowni zużyć, stosując ją, np. do ogrzewania aparatów wyprarkowych.

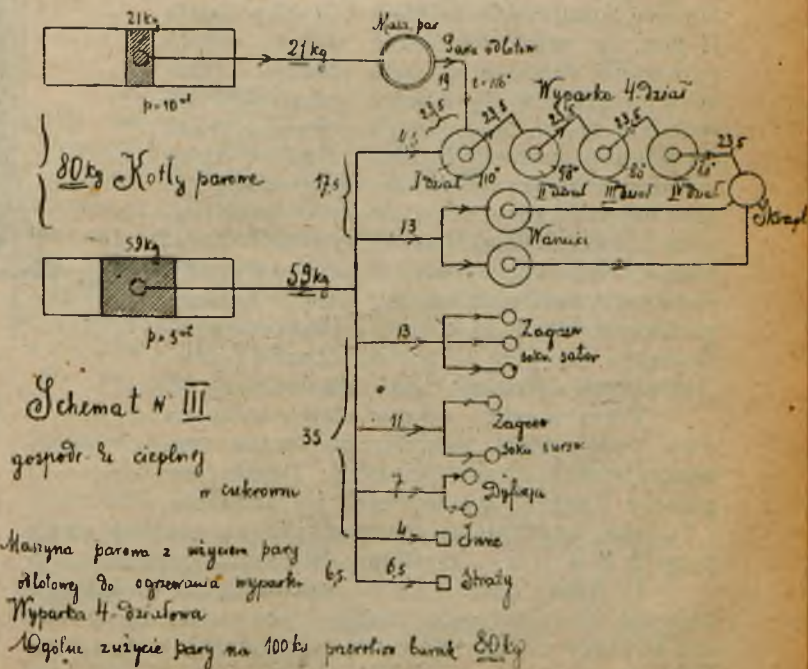
Ogólny rachunek pary przy zastosowaniu pary odlotowej do ogrzewania wyprarki

	para z kotła	para odlotowej	razem
1. Na maszynę parową, $p = 10$ at.	21 kg	—	21
2. Na ogrzewanie różnych stacji, $p = 5$ at.	35 "	—	35
3. Na odparowanie i gotowanie	88 "	19	107
	144 kg		
4. Straty w przewodach i aparatach	10 "		
Razem	154 kg		

Osiągamy więc przez zastosowanie pary odlotowej oszczędność pary z kotła około 10 kg na przerób 100 kg buraków.

## C. Schemat III. (Rys. 7).

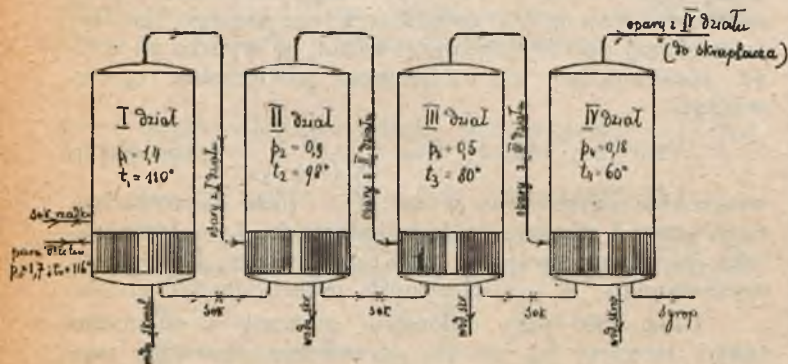
Najważniejszą oszczędność pary osiągają cukrownie przez zastosowanie do odparowania soków w celu ich zgęszczenia t. zw. wyprarki wielokrotnej czyli wielodziałowej. Sposób wielokrotnego



Rys. 7.



odparowania, wprowadzony po raz pierwszy do cukrownictwa ok. 1850 r. przez francuza Rillieux, pozwala zaoszczędzić ok. 75–80% pary, potrzebnej do zagęszczenia soku w cukrowni. Dziś sposób ten znalazł zastosowanie w najrozmaitszych dziedzinach przemysłu chemicznego i jest jednym z czynników wielkiej doniosłości w oszczędności paliwa zużywanego w przemyśle.



Schemat wyparki 4-działowej.

Rys. 8.

Zasadę działania wyparki wielodziałowej uzmysłowi czytelnikowi schemat wyparki 4-działowej, podany na rys. 8 (porównaj także rys. 9). Szereg aparatów wyparnych, podobnych do podanego na rys. 3, połączone są z sobą w ten sposób, że sok rzadki wchodzi do „działu” I, a następnie po pewnym zagęszczeniu przechodzi do działu II i dalej III i IV, a z ostatniego wychodzi, jako gotowy syrop, do fabryki. Komora parowa działu pierwszego ogrzewana jest np. przez parę odłotową z maszyny parowej o  $p_0 = 1,7$  at., i  $t_0 = 116^\circ$ . Sok zagrzany i wrzący w dziale I-ym wydziela z siebie parę „sokową” czyli „opary”. Gdyby te opary zostały bezpośrednio wypuszczone na powietrze lub do skraplacza wtedy zawarte w nich ciepło zostałoby stracone, mielibyśmy wyparkę jednodziałową, pojedynczą. Jeżeli jednak opary te skierujemy do komory parowej II działu wyparki, to możemy z ich pomocą ogrzewać i odparowywać sok w dziale II-gim, a więc wyzyskać ukryte ciepło parowania zawarte w tych oparach. Opary wywiązujące się z soku, gotującego się w dziale II-im, mogą być znów skierowane do komory parowej działu III-go i t. d., aż wreszcie z działu ostatniego opary mogą być albo wypuszczone na powietrze (bądź zużyte do ogrzewania) albo skierowane do skraplacza. W takiej więc wielodziałowej wyparce ciepło, wprowadzone razem z parą do komory parowej działu I-go, zostaje kilkakrotnie odtworzone i zużyte w postaci oparów, przechodzących z jednego działu do drugiego.

Teraz musimy odpowiedzieć sobie na dwa podstawowe pytania, dotyczące wyparki wielokrotnego działania: 1) jaki jest główny i niezbędny warunek jej działania, i 2) jaką uzyskujemy oszczędność na zużyciu ciepła przy 2, 3, 4...  $n$  — krotnem działaniu wyparki.

1) Ażeby para (opary), wprowadzona do jakiegokolwiek działu wyparki, mogła doprowadzić do wrzenia sok zawarty w danym dziale, niezbędnym jest warunkiem, by temperatura pary (oparów) ogrzewającej była wyższa, niż temperatura wrzenia soku w danym dziale. A ponieważ temperatura oparów, ogrzewających, np.

dział II-gi, jest równą (nieco niższą) temperaturze  $t_1$  wrzenia soku w poprzednim dziale I, więc temperatura  $t_1$  wrzenia soku w dziale I musi być wyższa od  $t_2$ , temperatury wrzenia soku w dziale II-gim i t. d. Wogóle:

$$t_0 > t_1 > t_2 > t_3, \dots, t_n$$

lub też, ponieważ mamy do czynienia z parą nasyconą:

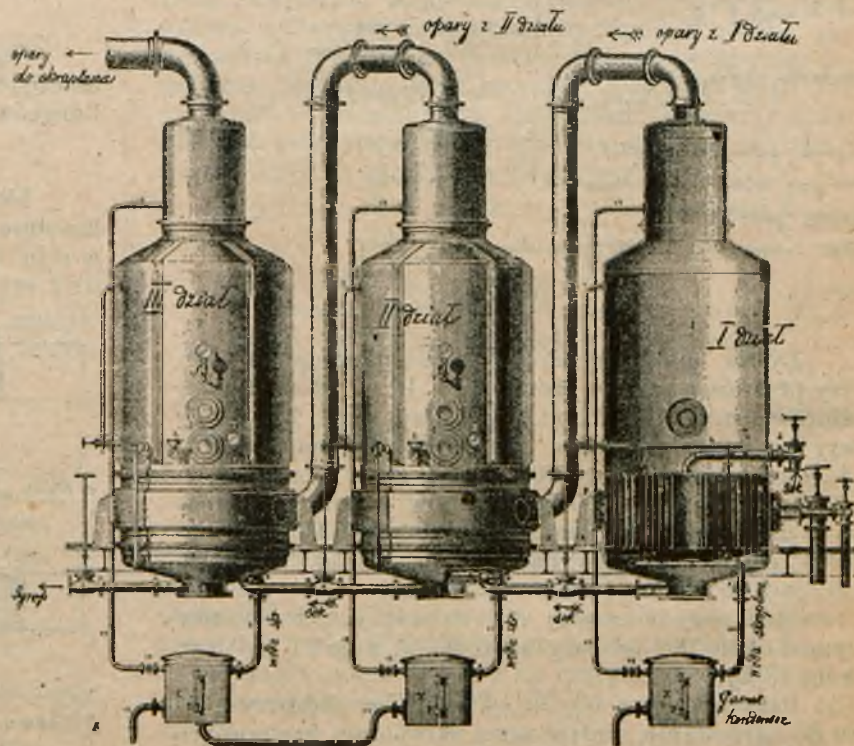
$$p_0 > p_1 > p_2 > p_3, \dots, p_n$$

czyli „temperatura wrzenia soku i prężność wywiązujących się oparów w każdym poprzednim dziale wyparki musi być wyższa, aniżeli w następnym”.

W praktyce cukrownictwa dla zadośćuczynienia temu zasadniczemu wymaganiu stosujemy zwykle odparowanie „pod próżnią”, czyli zmniejszonym (niższym od 1 at.) ciśnieniem w ostatnich działach wyparki. Łączymy ostatni dział, np. IV, wyparki ze skraplaczem (rys. 4) i pompą powietrzną i doprowadzamy ciśnienie w dziale IV np. do 0,18 at. W temr ciśnieniu woda wre w  $58^\circ$ , syrop nieco wyżej. W pozostałych działach wyparki (w przypuszczeniu, że do działu I-go wprowadzamy parę odłotową z maszyny parowej o  $p_0 = 1,7$  at. i  $t = 116^\circ$ ) mamy np. następujący rozkład ciśnień i temperatur:

para odłotowa	$p_0$	— 1,7 at.,	$t_0 = 116^\circ$ ,
I dział	$p_1$	— 1,4 „	$t_1 = 110^\circ$ ,
II dział	$p_2$	— 0,94 „	$t_2 = 98^\circ$ ,
III dział	$p_3$	— 0,55 „	$t_3 = 84^\circ$ ,
IV dział	$p_4$	— 0,19 „	$t_4 = 60^\circ$ .

Odparowanie „pod próżnią”, do dziś dnia znajdujące zastosowanie we wszystkich prawie cukrowniach



Rys. 9. Wyparka wielodziałowa.

posiada tę zaletę, iż zmniejsza znacznie straty cukru, zachodzące wskutek rozkładu przy ogrzewaniu w wyższych temperaturach. Jednakże zastosowanie próżni nie jest bynajmniej warunkiem koniecznym dla urzeczywistnienia wyparki wielokrotnej i znajdujemy dziś w różnych dziedzinach przemysłu, a nawet w cukrownictwie, także wyparki wielodziałowe, pracujące całkowicie bez próżni, a więc obchodzące się bez skraplacza.



2) Jaką ilość wody odparuje z soku 1 kg pary wprowadzonej do I działu, jeżeli wyparka składa się z 2, 3, 4, ... n działów?

1 kg pary, użytej do odparowania wody z soku, uprzednio zagrzanej do temperatury wrzenia, odparowuje w zwykłych warunkach 1 kg wody (nie licząc strat nieużytecznych i nie biorąc pod uwagę ciepła wody, utworzonej przy skraplaniu się pary). Jest to zrozumiałe samo przez się, albowiem ciepło ukryte parowania równa się ciepłu ukrytemu skraplania. Aczkolwiek w poszczególnych działach wyparki zachodzą pewne uchylenia od wskazanego dopiero co najprostszego wypadku (temperatura wchodzącego soku nie równa się temperaturze wrzenia w danym dziale i t. d.), jednakże różnice są naogół nieznaczne i do przybliżonych, zwykle wystarczających, obliczeń technicznych wyparki przyjmujemy, że w każdym dziale wyparki 1 kg pary, wprowadzonej z działu poprzedniego, odparowuje 1 kg wody z soku. A więc 1 kg pary odlotowej, wprowadzonej do działu I, odparuje w nim 1 kg wody, a utworzony 1 kg oparu odparuje w II dziale znów 1 kg wody i t. d., czyli że 1 kg pary (odlotowej), wprowadzonej do działu I, odparowuje w wyparce 2-działowej 2 kg wody, w wyparce 3-działowej — 3 kg i t. d. Możemy też powiedzieć, że jeżeli w pojedynczej wyparce na odparowanie pewnej ilości wody potrzebujemy użyć  $Q$  kg pary, to w 2-działowej wyparce zużyjemy 2 razy mniej, czyli  $\frac{Q}{2}$ , w 3-działowej —  $\frac{Q}{3}$ , w 4-działowej —  $\frac{Q}{4}$ , w ogóle w  $N$ -działowej —  $\frac{Q}{N}$ .

Jest to wynik teoretyczny, do którego zresztą, przy niewielkiej liczbie działów w wyparce, zbliżamy się bardzo znacznie. Stawiamy zwykle 4, najwyżej 5 działów, ponieważ dalsze dają już niewielką oszczędność paliwa i nie opłacają kosztów postawienia i remontu.

Ilość pary potrzebnej do odparowania soku w wyparce, obliczyliśmy poprzednio dla wyparki pojedynczej na 94%, w 4-działowej więc wyparce zużyjemy 4 razy mniej, czyli  $\frac{94}{4} = 23,5$ . Ponieważ do ogrzewania wyparki mamy 19 kg pary odlotowej z maszyny, pozostanie więc dodać:  $23,5 - 19 = 4,5$  kg pary z kotła.

Ogólny rachunek pary:

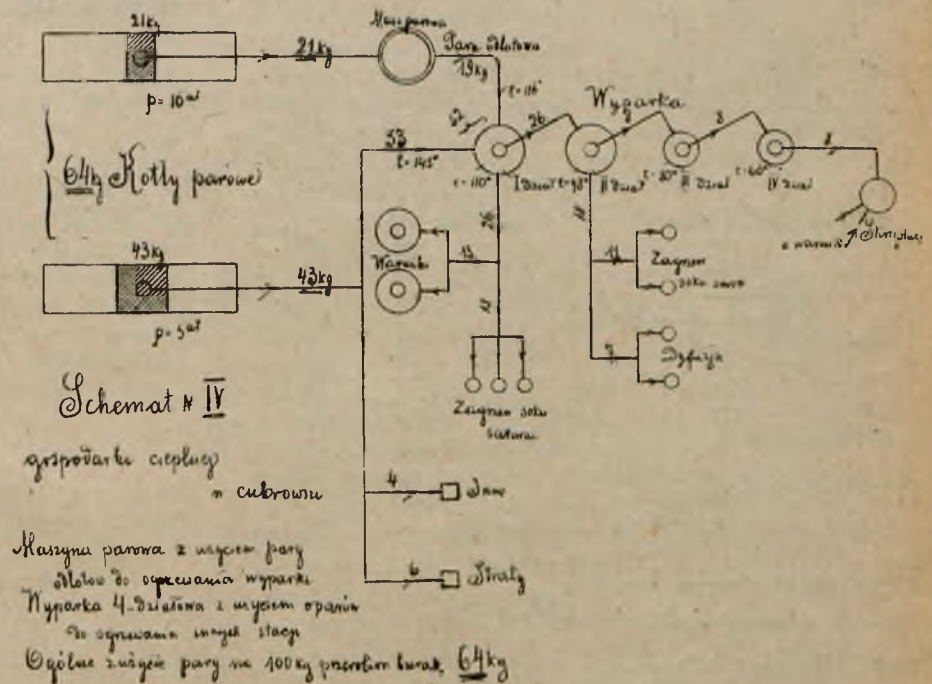
	para z kotła	para odlot.	razem
1. Na maszynę parową, $p=10$ at.	21 kg	—	21
2. Na ogrzewanie różnych stacji, $p=5$ at.	35 "	—	35
3. Na odparowanie	4,5 "	19	23,5
4. Na gotowanie cukrzycy	13,0 "	—	13,0
	73,5 "		
5. Straty	6,5 "		
	80 kg		

Przez wprowadzenie wyparki 4-działowej zamiast pojedynczej osiągamy więc wielką oszczędność pary, potrzebnej do przerobu buraków, wynoszącą 50% od ilości potrzebnej przy pojedynczej wyparce.

#### D. Schemat 10. (Rys. 10).

Konsekwentne dalsze przeprowadzenie idei kilkakrotnego wyzyskania ciepła zawartego w parze z kotła, doprowadziło do udoskonalenia gospodarki cieplnej przez zastosowanie do ogrzewania także innych, oprócz wyparki, stacji fabrycznych (zagrzewaczy sokowych, warników cukrzycy i t. p.) zamiast pary warzelnej, wziętej wprost z kotła, oparów wziętych z tego lub innego działu wyparki, a więc zastąpienie droższej, świeżej lub odlotowej pary przez tańsze, bo już raz lub nawet parę razy wyzyskane, opary z wyparki. Oszczędność będzie oczywiście tem większa, im z dalszego działu wyparki wzięte będą opary do ogrzewania innych stacji. Osiąganą oszczędność wykazuje następująca łatwa do obliczenia tabliczka dla wyparki 4-działowej:

1 kg oparów wzięt. z IV dz. oszczędza	1 kg pary z kotła	czyli 100%
1 " " " III " "	0,75 kg " " "	75%
1 " " " II " "	0,50 " " "	50%
1 " " " I " "	0,25 " " "	25%



Rys. 10.

Użycie oparów z IV działu zapewniałoby całe 100% oszczędności, opary te są jakby darmowe, nie wymagają zastosowania nowej ilości pary z kotła do wyparki. Jednakże przy wyborze działu wyparki, z którego zabieramy opary na ogrzewanie innych stacji, musimy się liczyć z temperaturą, do jakiej dana stacja ma być ogrzewana. To też opary z działów IV i III zwykłej wyparki ( $t_1 = 60^\circ$ ,  $t_2 = \text{około } 80^\circ$ ) prawie, że nie znajdują zastosowania, znajdują zaś je głównie opary z działów I i II ( $t_1 = 110^\circ$ ,  $t_2 = 98^\circ$ ).

Przypuśćmy, że używamy oparów z działu I do ogrzewania:

Zagrzewaczy soku na saturacjach, soku przed wyparką i t. p., co wymaga 13 kg pary  
Warników I i II cukrzycy, co wymaga 13 " "  
oparów zaś z działu II-go na ogrzewanie:  
Baterji dyfuzyjnej, co wymaga 7 kg pary  
Zagrzewaczy soku surowego 11 " "

Ilość pary, którą trzeba doprowadzić do działu I, znajdujemy w następujący sposób:

Przypuśćmy, że w IV dziale odparowuje się  $x$  kg wody na 100 kg przerobionych buraków. Wtedy w III







Tu musimy zauważyć, że roztwory cukru przez dłuższe ogrzewanie w temperaturze powyżej  $100^{\circ}$  ulegają rozkładowi, cukier zostaje w pewnej części zniszczony i roztwór zabarwia się na brunatno. To też do niedawna jeszcze starano się unikać w aparatach wyparnych temperatur powyżej  $105^{\circ}$  —  $110^{\circ}$ . Zastosowanie na szerszą skalę 0-działów, w których jak to widzieliśmy, mamy temperaturę wrzenia soku  $116^{\circ}$  —  $120^{\circ}$ , a nawet  $128^{\circ}$  —  $130^{\circ}$ , stało się możliwem dopiero wtedy, kiedy przemysł chemiczny uzyskał nowy typ aparatu wyparnego w postaci wyparki Kestnera. W aparacie tym sok przebywa bardzo krótko, np. około 1 minuty; umożliwia to odparowanie w nim soku nawet w  $t=130^{\circ}$ , gdyż w przeciągu tak krótkiego czasu nie zauważono przytem widocznych zmian w roztworze cukru. Zastosowanie aparatów Kestner'a pozwoliło urzeczywistnić w cukrownictwie wyparkę wielodziałową bez skraplacza. W wyparce takiej zwykła para odlotowa, wchodząca np. do ostatniego działu, jest słabo wyzyskaną w porównaniu ze świeżą, wchodzącą do pierwszego aparatu. Nasunęło to myśl, ażeby zaniechać zupełnie użycia do wyparki pary z kotła i korzystać wyłącznie z pary odlotowej z maszyny parowej, pracującej wtedy (całkowicie lub częściowo) z przeciwcisnieniem 4—5 at.

Wyparka otrzymuje wtedy wyłącznie parę o prężności około 4,5 at. i  $t = 145^{\circ}$  i przeistacza się znów, np. w 3-działową wyparkę (bez 0-działów), pracującą całkowicie pod ciśnieniem. Ramy i przeznaczenie niniejszego artykułu nie pozwalają nam wdawać się w bardziej szczegółowe rozpatrzenie ostatnich sposobów, które żywo były dyskutowane, a częściowo wprowadzone w czyn, przed samym wybuchem wojny. Wspomnimy tylko, że pozwalają one obniżyć rozechód pary z kotła do 52—53 kg na 100 kg buraków.

Opisane schematy gospodarki cieplnej wykazują nam jasno, jak wielkie oszczędności na paliwie czerpie cukrownia z udoskonalenia technicznego swojej gospodarki cieplnej. Osiągnięcie najwyższego wyniku możliwe jest tylko w tym przypadku, kiedy każda stacja cukrowni funkcjonuje prawidłowo i bez przerwy, a działalność wszystkich uzgodniona jest z sobą, jak ruchy trybów w zegarze. Z tego punktu widzenia cukrownia jest dobrą „szkołą pracy“ dla wszystkich swoich pracowników, w której wysiłek twórczy inżyniera, zabiegi technika i chemika muszą być uzupełnione przez wysiłek mózgu, nerwów i mięśni rzeźmiśnika.

Z przytoczonych przykładów widać też, że przy współczesnej gospodarce cieplnej w cukrowni wyparka dochodzi do pobierania takiej tylko ilości pary (świeżej i odlotowej), ile z niej zostaje zabrane oparów w celu ogrzewania innych stacji, czyli, że samo odparowanie nie zużywa całkowicie pary, odbywa się jakby za darmo; dochodzimy więc tutaj do naturalnego kresu wyzyskania wyparki.

Dalsze wiadomości o gospodarce cieplnej w cukrowni można znaleźć w następujących polskich dziełach: 1) Cukrownictwo, tom II-gi, r. 1898. 2) K. Abraham, Gospodarka parowa w cukrowni, r. 1913.

### III. Kilka słów o kotłach i maszynach parowych w cukrowni.

#### a. Kotły parowe.

Cukrownie ustawiają dziś zwykle dwie baterje kotłów: 1) jedną o wysokiej prężności, zwykle 10—12 at., w ostatnich czasach niekiedy 14 — 15 at., do pary maszynowej i 2) drugą o niskiej prężności, zwykle

5 at., do pary warzelnej. Jako kotły do pary maszynowej mogą znaleźć zastosowanie różne typy kotłów, stosowanych do maszyn parowych, a więc dziś głównie kotły wodnorurkowe (opłomkowe). Jako kotły do pary warzelnej, wobec nierównomiernego zabierania pary przez fabrykę, trzeba stosować kotły o znacznej pojemności wodnej, np. kotły o rurach płomiennych, kotły t. zw. „kombinowane“, częste zastosowanie w cukrowniach znalazły kotły Fairbairne'a, Meunier i inne podobne.

Ilość wody odparowanej w kotłach parowych cukrowni przez 1 kg węgla przewyższa normy zwykle osiągane w fabrykach mechanicznych. 1 kg dobrego węgla Górnośląskiego, o wartości opałowej 7500 kaloryi, w kotłach zasilanych zimną wodą, przy współczynniku skutku użytecznego 70 — 75%, odparowuje: 8 — 8,5 wody; 1 kg węgla Dąbrowskiego o  $W = 6500$  kal. odparowuje około 7 kg. Cukrownie dochodzą do odparowania około 10 kg dla węgla o 7500—7700 kal. lub 8,5 kg dla węgla o 6500 kal.

1. Zużytkowując parę warzelną z kotła oraz parę odlotową do ogrzewania wyparki, cukrownia posiada znaczne ilości wody skroplonej o wysokiej temperaturze. Woda ta może być całkowicie użyta do zasilania kotłów parowych. Brakującą ilość wody zasilającej bierzemy z komory parowej II działu wyparki. Poza tem pozostają nam jeszcze do innych celów znaczne ilości gorącej wody skroplonej.

Według schematu V mamy następujące ilości wody skroplonej do zasilania kotłów parowych i in. celów: z 0-działu — około 25 kg o  $t =$  około  $130^{\circ}$ , z działu I — około 38 kg o  $t = 112^{\circ}$ , z działu II, warników i zagrzewaczy — około 40 kg o  $t = 100^{\circ}$ , z działu III i zagrzewaczy — około 18 kg o  $t = 88^{\circ}$ . Na zasilanie kotłów wystarczy woda skroplona z 0- i I działu w ilości 63 kg o temperaturze przeciętnej około  $118^{\circ}$ . Temperaturę powyżej  $100^{\circ}$  może osiągnąć woda zasilająca w tym tylko przypadku, jeżeli gorące wody o temperaturze powyżej  $100^{\circ}$  trafiają do zbiorników zamkniętych, w których utrzymuje się odpowiednio wysokie ciśnienie; trafiając do zbiorników otwartych, pod zwykłe ciśnienie atmosferyczne, wody o temperaturze powyżej  $100^{\circ}$  zaczynają wrzeć i temperatura spada przez odparowanie do  $100^{\circ}$ . Do odprowadzania wody skroplonej od pary warzelnej (np. z 0-działu) dziś wiele cukrowni stosuje aparaty zasilające samoczynne, które doprowadzają wodę do kotła bezpośrednio z aparatów wyparnych bez użycia pompy i o temperaturze pary w kotle.

Przy zasilaniu kotłów wodą skroploną o temperaturze np.  $110^{\circ}$  —  $120^{\circ}$  kotły w cukrowni odparowują: na węglu Górnośląskim do 10 kg wody, na Dąbrowskim do 8,5 kg.

2. Zastosowanie do zasilania kotłów wody skroplonej, czyli jakby destylowanej, wolnej od soli wapniennych, a więc zupełnie miękkiej, chroni kocioł od tworzenia się kamienia kotłowego i przez to zwiększa współczynnik pożytecznego działania kotła. Należy tylko zwracać przy zasilaniu kotłów w cukrowni skroploną wodą baczną uwagę, ażeby nie trafiały z nią razem do kotła cukier i smary, które mogą być przyczyną poważnych uszkodzeń kotła: nadgryzania ścianek, wypuklin a nawet wybuchów.

3. Kotły parowe w cukrowni działają bez przerwy dzień i noc w przeciągu dłuższego czasu, niema więc straty węgla na rozpalamie ognia po przerwie.

4. W wielu cukrowniach (byłoby do życzenia, ażeby we wszystkich) kotły znajdują się pod stałą kontrolą i palacze pobierają często nagrody za dobre palenie.



Przyjmując wskazane odparowania znajdziemy, że cukrownia współczesna powinna zużywać na otrzymanie 60 kg pary do przerobu 100 kg buraków:

$$\frac{60}{10} = 6 \text{ kg węgla o } 7500 \text{ kal.}$$

lub  $\frac{60}{8,5} = \text{około } 7,5 \text{ kg węgla o } 650 \text{ kal.}$

Prócz tego zużywają cukrownie około 0,7 kg węgla (koksu) na wypalanie wapna i około 0,3 kg na inne potrzeby.

### B. Maszyny parowe.

Cukrownie, wobec tego, że para odlotowa z maszyny parowej znajduje zastosowanie do ogrzewania różnych aparatów, zwracały dawniej mało uwagi na ilość pary zużywanej przez maszyny parowe. Ustawiano maszyny parowe najprostsze, o całkowitem napełnieniu, rozrzucono je w liczbie kilkunastu po całej fabryce, mało zwracano uwagi na dokładność remontu i t. d. Maszyny parowe „pożerały” wtedy do 40—50 kg pary z kotła na konia i godzinę. Przy uporządkowaniu gospodarki parowej, po wprowadzeniu wyparki wielodziałowej, wiele cukrowni doszło do tego, że ilość pary odlotowej zaczęła przewyższać zapotrzebowanie i para ta musiała iść „na dach”. Ten wzgląd zmusił do wprowadzenia lepszych maszyn i pewnej ich centralizacji. Względ na koszty zakładowe, koszty re-

montu, smarów, nadzoru nad maszynami skłaniał również do centralizacji, która powoli, lecz stale posuwała się naprzód. Po wprowadzeniu 0 działów, zaczęto dążyć do zmniejszenia ilości pary odlotowej, a więc do ostatecznej centralizacji i użycia bardziej udoskonalonych typów maszyny parowej. Współczesne cukrownie stawiają dziś jedną lub co najwyżej dwie centralne maszyny parowe.

Kończąc artykuł, raz jeszcze zwracamy uwagę czytelnika na schematy I—V (rys. 5—7 i 10—11) i powtarzamy, że cukrownie potrafiły osiągnąć wielką oszczędność na paliwie, niezależnie od ulepszeń w samej fabrykacji cukru, przez celowe, a oparte na teorii i rachunku, ukształtowanie swojej gospodarki cieplnej; a głównie: 1) przez użycie pary odlotowej z maszyny parowej do celów ogrzewania; 2) przez zastosowanie do odparowania soku wyparki wielokrotnej czyli wielodziałowej; 3) przez zastosowanie oparów z wyparki do ogrzewania innych stacji fabrycznych i 4) przez zastosowanie gorących wód skroplonych do zasilania kotłów parowych.

Gospodarka cieplna cukrowni nie wypowiedziała ostatniego swego słowa, istnieje uzasadniona nadzieja możliwości osiągnięcia jeszcze dalej idącej oszczędności na paliwie. Inne fabryki chemiczne z korzyścią dla siebie mogą czerpać z cukrowni wzory dla ulepszenia swojej gospodarki cieplnej.

Warszawa, Politechnika, Wrzesień 1921.

M. NACHOLINSKI, inż.

## Gospodarka cieplna w elektrowniach.

Podstawowym paliwem w większych elektrowniach jest węgiel. Po przybyciu na miejsce idzie on albo wprost pod kocioł, albo bywa składany na zapas w stertach na otwartym powietrzu, lub w specjalnych budynkach nakrytych. Zsypywanie węgla z wagonów kolejowych odbywa się bądź ręcznie, bądź zupełnie mechanicznie przez ustawienie wagonu na pomoście i przechylenie go wraz z nim; przód i tył wagonu lub boki mają klapy na zawiasach, po uniesieniu których węgiel spada do dołu, skąd znów albo zapomocą przenośników pasowych lub kubelkowych wciągany bywa do budynku węglowego lub do zbiorników węgla nad kotłami. Najczęściej każdy kocioł ma swój zbiornik, z którego węgiel po otwarciu odpowiedniej zasady przechodzi przez wagę automatyczną, notującą samoczynnie liczbę rzutów, do paleniska kotłowego; dla oszczędności i przy mniejszej liczbie kotłów jedna przesuwana waga węglowa może obsłużyć kilka kotłów.

Gromadzenie węgla na dłuższy przeciąg czasu i w znacznej ilości na małej przestrzeni nie zawsze odpowiada swemu celowi, gdyż zależnie od gatunku węgla i warunków zewnętrznych, nagromadzony w zbyt wysokiej warstwie węgiel wietrzeje lub zapala się, powodując obniżenie swej wartości opałowej, a często nawet dość groźne pożary.

Aby uniknąć tego rodzaju niespodzianek stosuje się systematyczną kontrolę temperatury węgla, tworzy się niższe warstwy lub zużytkowuje się jednocześnie węgiel świeżo przybyły, zmieszany z pewną ilością węgla odstalego w stertach, tak, że węgiel na powietrzu lub w budynku węglowym odnawia się stopniowo co jakiś czas.

Ponieważ dzienne zużycie węgla wynosi kilka do kilkunastu wagonów, przeto ręczne nasypywanie go na ruszt zastąpiono przez mechaniczne, a ruszty ruchome podają go stopniowo aż do zupełnego spalania się<sup>1)</sup>. Z tego jednak powodu dobrze palić się będzie węgiel mniej więcej jednakowej wielkości i wartości, gdyż ruszty przepuszczają równomiernie na całej swej powierzchni potrzebną ilość powietrza, a regulacja warstwy węgla miejscami, jak przy ręcznym narzucaniu, jest niemożliwa; jeżeli więc zmieszamy węgiel gruby i drobny, daleko trudniej dostosować się z paleniem, węgiel nie spali się w warunkach najodpowiedniejszych, a nawet może wyjść z paleniska niezupełnie spalony, co powoduje straty.

Zadaniem spalonego węgla jest ogrzanie jak najmniejszą ilością węgla, jak największej ilości wody i zamienienie jej na parę.

Im woda pompowana do kotła będzie cieplejsza, tem mniej ciepła potrzeba do zamienienia jej w parę. W tym celu wyzyskuje się ciepło wylotowych gazów kominowych, i wodę, pompowaną do kotła, przepuszcza się przez podgrzewacz (economiser)<sup>2)</sup>.

Ale nim woda dostanie się do podgrzewacza w ściśle znaczeniu, już staramy się podgrzać ją w zbiornikach przez wpuszczenie do nich wszelkich ścieków z przewodów parowych (odwodnień) i przez przepuszczanie pary wylotowej z pomp kotłowych przez umieszczane wewnątrz zbiornika metalowe węzownice.

<sup>1)</sup> por. *Mechanik* № 10. 1921 r. art. prof. B. Tolioczko: O wyborze paleniska (str. 187—190).

<sup>2)</sup> por. *Mechanik* № 10. 1921 r. art. inż. K. Nowickiego: O kotłowni przemysłowej (str. 194—198).