

A. Suszarnie z przepływem suszących gorących gazów.

I. Suszarnie "ogniowe" - z przepływem gazów spalinowych.

II. Suszarnie powietrzne - z przepływem powietrza, ogrzewanego:

a. za pomocą gazów spalinowych,

b. za pomocą pary.

B. Suszarnie z bezpośrednim ogrzewaniem suszonego materiału /suszarnie próżniowe/.

C. Suszarnie typu mieszane, t.j. z ogrzewaniem jednocześnie bezpośrednim i za pomocą przepływających gazów.

### 3. S U S Z E N I E W Y S Ł O D K Ó W B U R A C Z A N Y C H .

Suszenie wysłodków buraczanych oraz innych podobnych materiałów rozpoczęte było na wielką skalę przez Niemców po 70-tych latach XIX w., a więc po wojnie francusko-niemieckiej, gdy chodziło w Niemczech o wybitne podniesienie hodowli bydła, a więc o wielkie ilości dobrej paszy, - gdy też zrozumiano konieczność zarzucenia nieracjonalnego sposobu "kwaszenia" wysłod-

ków. Zaczęły wówczas powstawać liczne pomysły konstrukcyj suszarni, między innymi na ogłoszonym przez Związek Cukrowników Niemieckich w r. 1883 konkursie uzyskała pierwszą nagrodę firma B ü t t n e r ' a i M e y e r ' a za swoją suszarnię ogniową, która po pewnych udoskonaleniach, dotąd przetrwała i szeroko stosowana jest w cukrownictwie buraczanem.

Przed ostatnią wojną światową w Niemczech 2/3 całej liczby cukrowni suszyły wysłodki, po rozpoczęciu wojny - stopniowo zaczęły suszyć wszystkie. W Rosji suszenie wysłodków stosowane było /przed wojną/ zaledwie w kilku fabrykach. Co do Polski, to w b. Kongresówce dotąd wysłodki się kwaszą, w Poznańskim zaś i na Pomorzu - wszystkie cukrownie posiadają suszarnie do wysłodków.

## A. PRASOWANIE WYSŁODKÓW.

### a. R o l a w y ż y m a n i a .

Ponieważ suszenie jest procesem bardzo kosztownym ze względu na znaczną ilość potrzebnego opału która jest tem większą, im więcej

wody należy odparować, - przeto przed suszeniem usuwa się z wysłodków część wody mechanicznie <sup>x/</sup> za pomocą wyciskania w aparatach, zwanych wyżymaczkami.

Ilość w ten sposób usuniętej wody jest dość znaczna - i stanowi około  $\frac{2}{3}$  całej ilości wody, którą usunąć należy. Następujące obliczenia przekonują nas o tem.

Zawartość substancyj suchych w wysłodkach mokrych wynosi około 5%, zaś po odprasowaniu zawierają wysłodki, powiedzmy, około 15% S.S. Stosując wzór na ilość wody  $W^p$  (kg), jaką trzeba usunąć, aby przejść od stężenia  $c_1$  do stężenia  $c_2$ , przy ilości  $A$  (kg) materiału pierwotnego:

$$W^p = A \left(1 - \frac{c_1}{c_2}\right),$$

wyrażając przy tem ilości w % na wagę buraków i przyjmując, że ilość wysłodków mokrych ( $A$ ) równa się ilości przerobionych buraków ( $A = 100$ ), otrzymamy:

$$W^p = 100 \left(1 - \frac{5}{15}\right) = \sim 66\%$$

---

x/ Energia mechaniczna jest w cukrowni znacznie tańsza, gdyż para odlotowa z maszyn parowych zostaje wykorzystana do celów ogrzewania i odparowania.

---

wody odcisniętej w wyżymaczkach - z całej ilości wody 95%, licząc na wagę buraków.

Pozostałość wody podlega usunięciu przez suszenie. Przypuśćmy, że wysłodki wysuszone zawierają 90% subst. suchej, przed suszeniem zaś zawierały one 15%, i było ich :100 - 66 = 34% na wagę buraków. Zatem mamy

$$W' = 34 \left(1 - \frac{15}{90}\right) = \sim \underline{28\%}$$

na wagę buraków wody do usunięcia przez suszenie.

Do odparowania tych 28 kg. wody będziemy musieli zużyć węgla /licząc 1 kg. węgla na 7 kg. wody/:  
 $\frac{28}{7} = 4$  kg. na 100 kg. buraków.

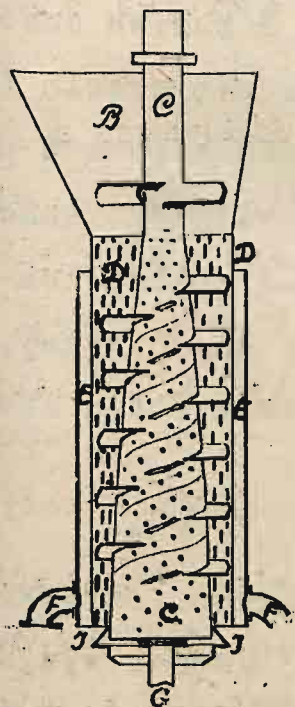
Jak znaczną jest ta ilość, sądzić można z tego, że na wszelkie inne swoje potrzeby cukrownia zużywa np. 7-8% /na w. bur./ węgla.

#### b. Wyżymaczki wysłodkowe.

Prasy zwykłe lub hydrauliczne nie nadają się do wyciskania wysłodków, wymagają bowiem bardzo znacznej ilości siły mechanicznej i robocizny. Używane są do tego celu prasy specjalne - "wyżymaczki" - apa-

raty o działaniu ciąglem i bardziej przystosowa-  
ne do specyficznego materiału, jakim są wysłodki,  
które winny być utrzymywane przy wyciskaniu w  
cienkiej warstwie.

Prototypem wyżymaczki wysłodkowej jest wy-  
żymaczka Klusemann'a /prze-  
krój na rys. 68/.



Rys 68

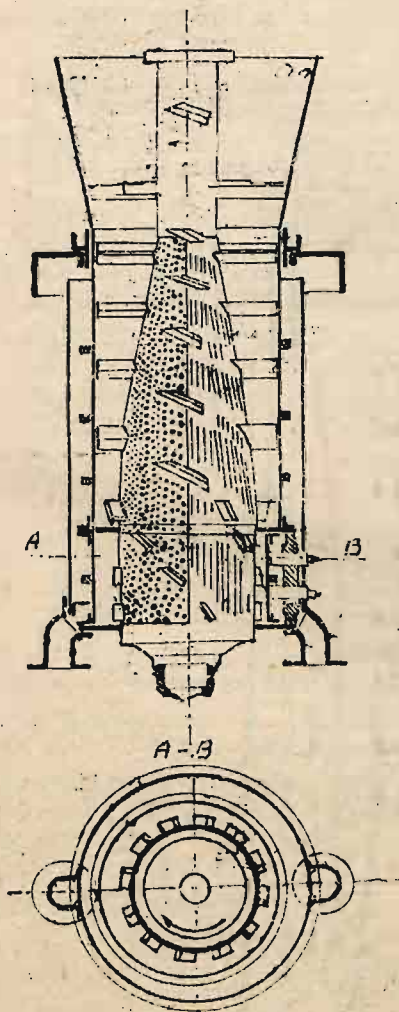
Wysłodki, doprowadzane za  
pomocą przenośników z baterji  
dyfuzyjnej, wpadają do wyży-  
maczki przez lej *B*. Noże /ło-  
patki/, ustawione w linii  
śrubowej na obracającym się  
dziurkowanym stożku *C*, pory-  
wają je i przesuwają na dół do  
coraz węższej przestrzeni mię-  
dzy stożkiem *C* a dziurkowa-  
nym walcem *D*, gdzie wysłodki  
zostają prasowane. Woda wyciś-  
nięta spływa częściowo przez  
dziurkowane ścianki stożka do  
jego wnętrza, a następnie do

rury *G*, częściowo - przez ścianki walca *D* do  
przestrzeni *E E* między nim a zewnętrznym płasz-

czem wyżymaczki - i dalej do rur  $FF$  ; wysłodki zaś wypadają przez dolny wylot walca  $D$  . Za pomocą przesuwania do góry lub do dołu stożka  $JJ$  reguluje się stopień wyżymania wysłodków.

Wyżymaczka Klusemann'a w pierwotnej swej postaci posiada szereg cech ujemnych, jak np. : 1/rozrywa wysłodki, powodując straty tego odpadku w wodzie wysłodkowej, 2/jest za mało sprawna pod względem stopnia odwodnienia wysłodków oraz 3/zużywa dość dużo siły mechanicznej. Nie stosuje się przeto tej wyżymaczki obecnie. Na tle pomysłu Klusemann'a powstał jednak szereg ulepszonych modeli tego samego typu, w których starano się wady pierwotnej konstrukcji, np. dwie pierwsze ze wskazanych wyżej, zmniejszyć, i te nowe konstrukcje mają dotąd zastosowanie w przemyśle cukrowniczym.

Wskazać tu należy w y ż y m a c z k ę B e r g r e e n ' a /rys.69/. Ponieważ rozrywanie wysłodków zachodzi głównie w dolnej części wyżymaczki, gdzie znacznie już odwodnione wysłodki stawiają większy opór przy dalszem ich wyżymaniu, - więc zasadniczej części /stożkowi/ nadany jest u dołu kształt walcowy, i łopatki u dołu ustawione są w ten sposób, iż nie tak prą wysłodki na dół; przy tem z



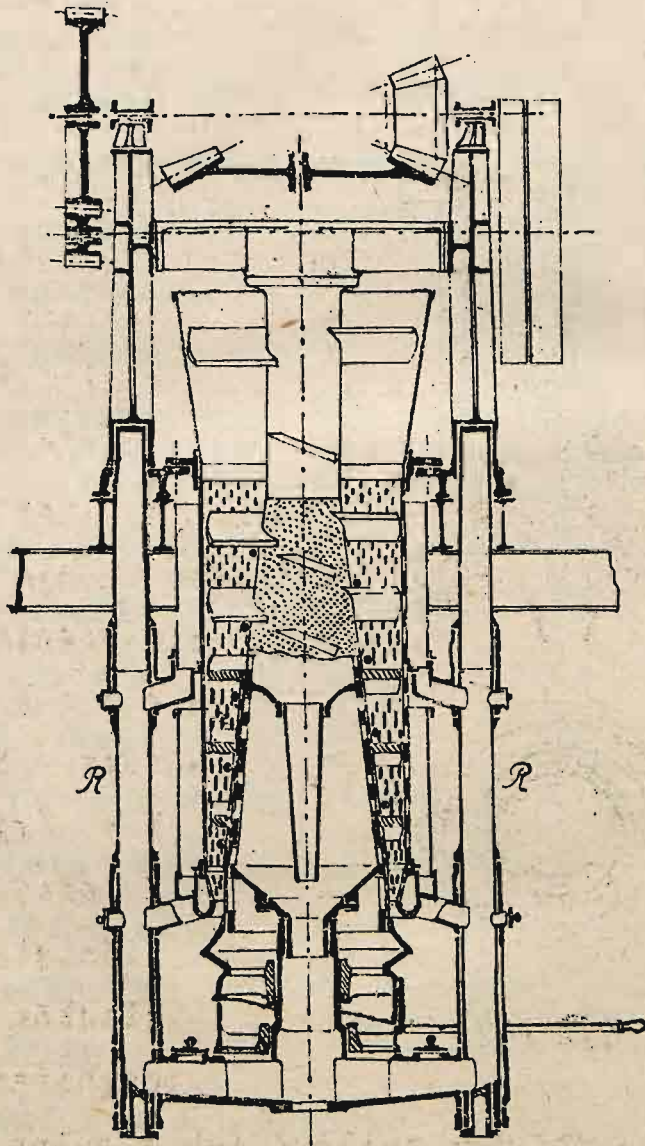
Rys. 69.

jednej strony walca przejście dla wysłodków jest zwężone wskutek ekscentrycznego umieszczenia dolnej części dziurkowanego płaszcza: dzięki takiemu urządzeniu wysłodki mniej są rozrywane i lepiej wyciskane.

Zalecana jest siłownia wyżymaczka t.zw. Bydgoska /rys. 70/.

W niej woda, wyciśnięta z wysłodków w górnych częściach prasy,

nie może powtórnie zwilżać ich w dolnej części, ponieważ woda z rozmaitych pięter odprowadzana jest osobno na zewnątrz-do rur pionowych *R* i do środka



Rys 70



wewnętrznego dziurkowanego stożka. W prasie tej jest doskonała konstrukcja urządzenia do regulowania stopnia wyżymania wysłodków. Wyżymaczka Bydgoska daje możliwość otrzymywania produktu o maksymalnej dla tego rodzaju przyrządów zawartości substancyj suchych, co nader ważnem jest, gdy chodzi o dalsze suszenie wysłodków.

Wreszcie innego zgoła typu, niż Klusemann'a, są wyżymaczki Selwig'a i Lang'e'go oraz Haasse'go, które zużywają mniej energii mechanicznej i są tańsze, lecz nie tak silnie wyżymają wysłodki. Mogą one mieć zastosowanie w fabrykach, które nie posiadają suszarni, ograniczając się tylko wyżymaniem wysłodków.

Należy wskazać, iż zbyt silne wyżymanie wysłodków nie jest racjonalnem, gdyż powoduje dość znaczne straty substancyj suchych z wodą wysłodkową. Przeto tylko mając na względzie oszczędność na paliwie przy suszeniu, można się godzić z wielkimi stratami substancyj odżywczych w wysłodkach, jeśli wyżyma się je, jak to zwykle się robi w razie suszenia wysłodków, do zawartości 15 - 16% subst. suchych. Dla fabryk zaś, które nie suszą wysłodków, wskazaniem jest /w celu usunięcia części wody/ wyżymanie ich

tylko do zawartości 9 - 12% substancji suchych.

## B. SUSZENIE WYSŁODKÓW.

Wysłodki, o ile podlegają suszeniu, z wyżymaczek zostają doprowadzone za pomocą odpowiednio urządzo-nych przenośników do suszarni tego lub innego typu.

Z typów, wskazanych wyżej - na str. 319, do suszenia wysłodków buraczanych stosowane są w cukrownictwie typy A I oraz C, czyli 1/suszarnie z przepływem gazów spalinowych i 2/suszarnie z ogrzewaniem bezpośrednim i z przepływem powietrza, ogrzewanego za pomocą urządzenia parowego. Trudno jest rozstrzygnąć pytanie - w ogólnej formie, - który z tych dwóch typów jest bardziej ekonomiczny, - zależy to od konstrukcji suszarni i od miejscowych warunków. To jedno można twierdzić z pewnością, iż drugi typ daje produkt czystszy i ładniejszy, aniżeli pierwszy, przy którym z wysłodkami wchodzi w bezpośrednie zetknięcie gazy spalinowe - oczywiście zawierające popiół, sadze produkty suchej destylacji paliwa i t.p.

### a. S u s z a r n i e o g n i o w e.

Oddawna stosowaną i najbardziej w cukrownictwie rozpowszechnioną jest suszarnia "ogniowa" s y s t e

mu B ü t t n e r - M e y e r ' a. Zaznaczyć należy na wstępie, iż w suszarni tej, jak i w innych suszarniach "ogniowych" do wysłodków, nie daje się zastosować - technologicznie wskazana zasada przeciwprądu /por. wyżej/, wobec zbyt wysokiej temperatury "suszącego" gazu, lecz materiał i gaz posuwane są w kierunku równoległym.

Zimne i wilgotne wysłodki, doprowadzane z wyżymaczek, suszone są w tym aparacie w strumieniu gazów spalinowych, przeciąganych przez suszarnię za pomocą skshaustora. Temperatura gazów wchodzących może wynosić do  $1000^{\circ}\text{C}$ ; jednakowoż wysłodki nie mogą się ogrzać - póki jeszcze zawierają znaczniejszą ilość wilgoci - do temperatury o wiele wyższej, niż  $100^{\circ}$ ; gdyż wprowadzane są w temże miejscu aparatu, co i gazy, i posuwają się dalej równolegle do nich, a więc nadmiar ciepła szybko się zużywa na odparowanie wody. Zastosowane przytem mieszanie materiału oraz zmienianie kierunku ruchu tak gazów, jak i wysłodków - zapewniają dobre zetknięcie się materiału suszonego z gazami.

Aby wysłodki były dostatecznie wysuszone,

oraz aby gazy uchodzące nie były nasycone parą wodną /porów. str. 307/, temperatura u wylotu suszarni powinna wynosić około  $100^{\circ}$ ; temperatura ta nie może wywoływać skraplania się pary wodnej, nie jest również szkodliwą dla wysłodków wysuszonych.

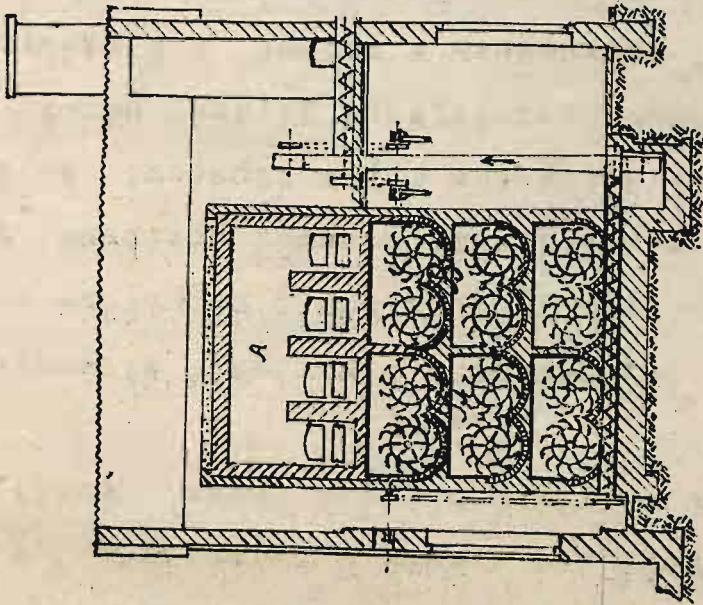
Suszenie aż do zupełnego usunięcia wody jest bezcelowe, gdyż wysłodki bezwodne, jak wspominaliśmy na str. 300, są substancją hydroskopijną i wyciągają z powietrza wilgoć do zawartości 12% i więcej. To też wysłodki są dostatecznie wysuszone, jeżeli zawierają 12% wody i 88% substancji suchej.

Szczegóły budowy suszarni systemu Büttner - Meyer'a podają rys. 71 /przekrój podłużny/ i rys. 72 /przekrój poprzeczny/.

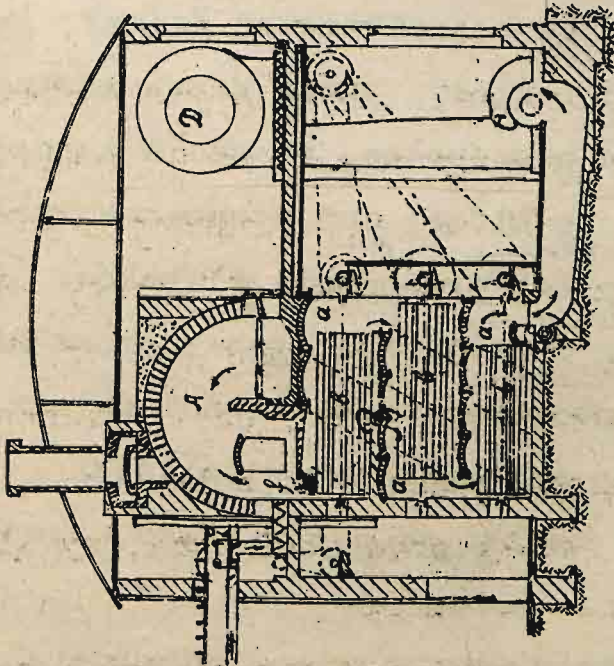
Właściwa suszarnia (B) składa się x/ z trzech murowanych komór (a), pokrytych łukowemi sklepieniami i położonych jedna nad drugą tak, że sklepienie jednej jest jednocześnie podstawą wyżej leżącej komory. Dno każdej komory zbudowane jest

---

x/ W instalacji, uwidocznionej na rysunkach, mamy dwie obok siebie ustawione suszarnie.



Rys. 72.



Rys. 71

w postaci dwóch koryt; wzdłuż każdego koryta przechodzi wał *B*, spoczywający z jednej strony na łożysku, wmurowanem w ścianę, a z drugiej wychodzący przez przeciwległą ścianę nazewnątrz i zakończony stożkowym kołem zębata; za pomocą przekładni zębatej wały zostają obracane <sup>x</sup> /, a osadzone na nich i odpowiednio nachylone szufle mieszają i jednocześnie przesuwają wysłodki wzdłuż koryta.

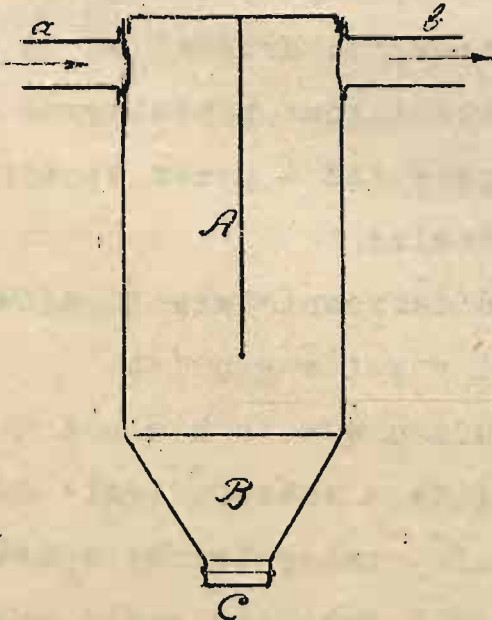
Wilgotne wysłodki wpadają przez otwory *F*, dokąd podążają też i gazy z palenisk *A*, do górnej komory, gdzie zostają przesuwane naprzód, stale stykając się z gorącymi gazami, i ponieważ koryta nie dochodzą do przeciwległej ściany, spadają do komory niżej leżącej, gdzie znowu zostają w odwrotnym kierunku przesuwane, wreszcie spadają do komory dolnej, z której już wysuszone wysłodki zabierane są przez przenośnik ślimakowy. Gazy wraz z parą wodną zostają wyciągane, przez ekshaustor *C*, a jednocześnie nowe ilości świeżego powietrza zostają wprowadzone do palenisk.

Ponieważ szybki prąd powietrza, wywołany dzia-

-----  
x/ W kierunku przeciwnym w sąsiednich korytach.

łaniem ekshaustora, porywa drobne cząstki wy-  
słodków, gazy odlotowe przepuszczane są przez  
łapacz *D*, skąd zatrzymane resztki przenoszo-  
ne są przez odpowiednie przenośniki do głównej  
masy.

Co do konstrukcji łapacza do miazgu wysłodko-  
wego. to najprostszym i dającym się zastosować  
do każdej suszarni - jest urządzenie, uwidocz-  
nione w sposób schematyczny na rys. 73.



Rys. 73.

Gazy przez prze-  
wód *a* trafiają  
do pionowo usta-  
wionej cylin-  
dycznej komo-  
ry, w której,  
na skutek zmia-  
ny kierunku ru-  
chu i szybkości,  
powodowanej prze-  
groda *A*, pył  
wysłodkowy opada

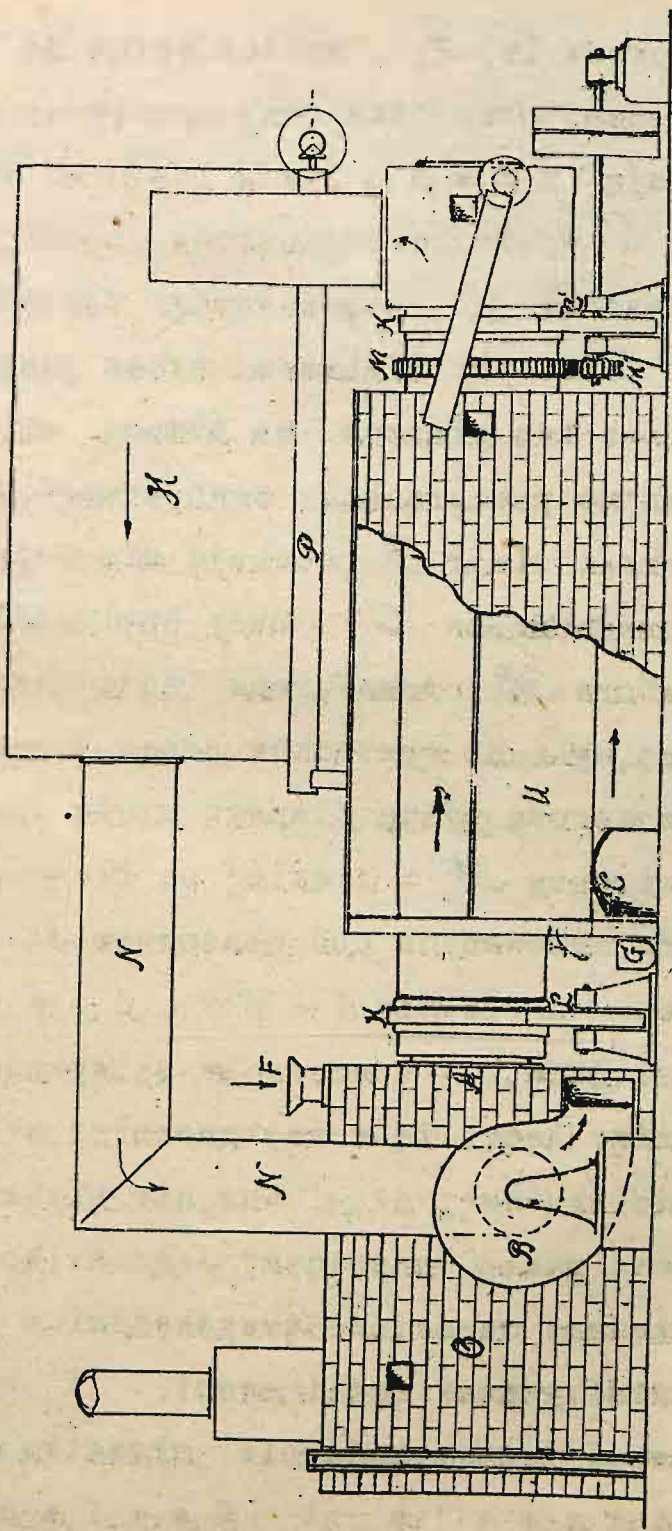
i zbiera się w części stożkowej *B*, skąd może być  
perjodycznie usuwany przez upust *C*. Gazy prze-  
wodem *b* podążają do ekshaustora.

Suszarnia Büttner - Meyer'a spala 55-60% dobrego węgla w stosunku do ilości wysuszonych wysłodków i daje skutek użyteczny około 75-80%.

Do suszarni tego samego typu, co opisana, należy suszarnia Petry'ego i Hecking'a, składająca się z kilku komór prostokątnych o dnie w kształcie koryta, ustawionych jedna obok drugiej w jednym piętrze; wysłodki są przesuwane / i przesypywane / za pomocą szufli, odpowiednio osadzonych na obracających się wałach, i przerzucane z jednej komory do drugiej aż do wylotu ostatniej, a gazy paleniskowe przeciągane są przez cały aparat, następnie zaś - przez łapacz miazłu wysłodkowego - do komina.

Jest również używana w cukrownictwie "ogniowa" suszarnia Petry'ego i Hecking'a bębnowa obrotowa /rys. 74/. Główną częścią tego aparatu jest duży walec z blachy żelaznej  $\mathcal{T}$ , zaopatrzony w dwa masywne pierścienie  $\mathcal{H}$  i  $\mathcal{H}'$  i obracany około swojej osi na odpowiednio do nich ustawionych rolkach  $\mathcal{L}$  i  $\mathcal{L}'$  za pomocą przekładni zębatej  $\mathcal{M}\mathcal{M}'$ . Na powierzchni wewnętrznej bębna ustawione są łopatkę /szufle/, które przesuwają i przesuwają wysłodki,





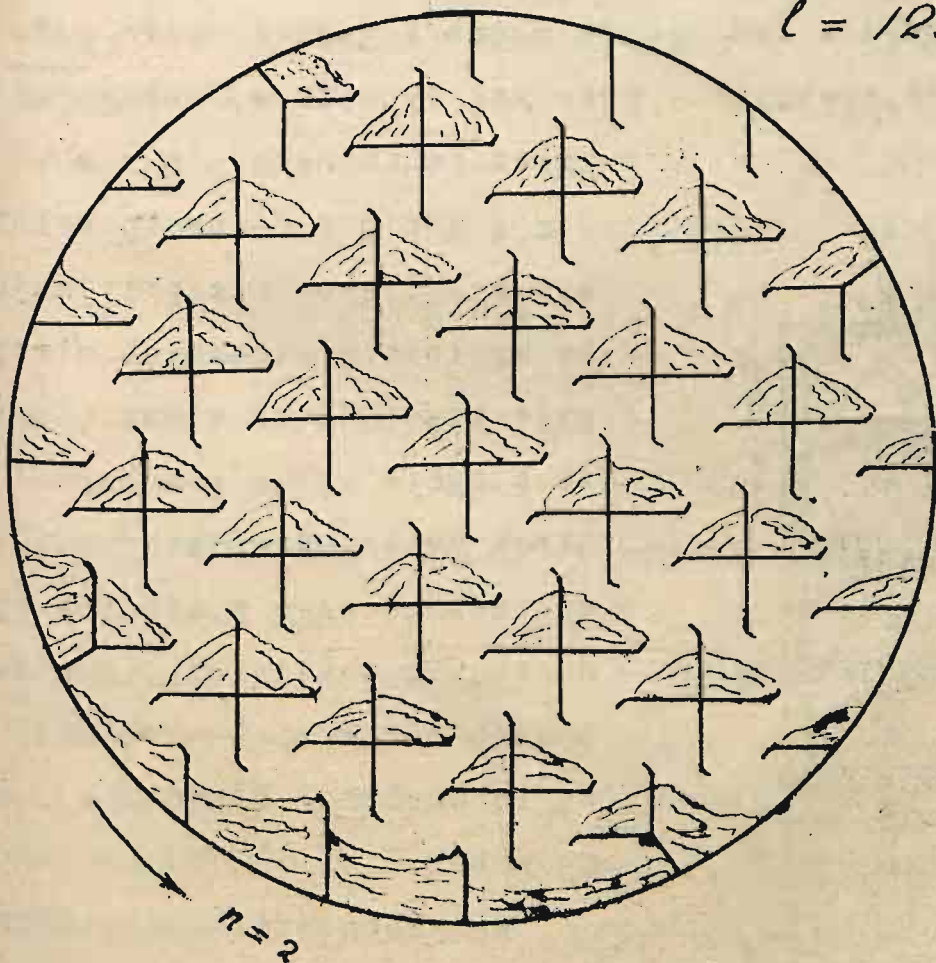
Rys. 74.

wprowadzane przez lej *F*, wzdłuż walca do przeciwnego końca, przy czem gazy spalinowe na tej drodze podążają r ó w n o l e g l e do wysłodków. Z bębna *T* wysłodki podsuszone spadają do żelaznego płaszczu *U*, ogrzewanego zaewnątrz również, jak zobaczymy niebawem, przez gazy, przesuwane są przez ten płaszcz za pomocą szufli, umieszczonych na powierzchni zewnętrznej walca i wreszcie przez otwór *J* dostają się - już wysuszone - do przenośnika *G*. Gazy spalinowe za pomocą wentylatora *B* przeciągane są z pieca *C* naprzód równolegle do wysłodków przez bęben *T* później przez komorę pylną /łapacz miazki wysłodkowego/ *H* i rurę *N* - i dalej są tłoczone do dwóch kanałów murowanych pod płaszczem *U*, gdzie mają kierunek p r z e c i w p r ą d o w y względem wysłodków, - i wreszcie są wyrzucone do komina. Widzimy tedy, że w tej suszarni wysłodki na drugim odcinku swej drogi już nie stykają się bezpośrednio z gazem "suszącym" - są tylko zewnątrz podgrzewane częściowo wyzyskanymi w pierwszym dziale suszarni gazami spalinowymi.

Godnem uwagi jest urządzenie skonstruowanej przez B ü t t n e r ' a i G e r l a c h ' a

suszarni bębnowej obrotowej /rys. 75/, mające na celu uzyskanie możliwie najlepszego zetknięcia się wysłodków z suszającymi je gazami. Obracający się /szybkością np. 2 obrotów na minutę/ bęben tej suszarni posiada wewnątrz

$$d = 2,2 \text{ m.}$$
$$l = 12 \text{ m.}$$

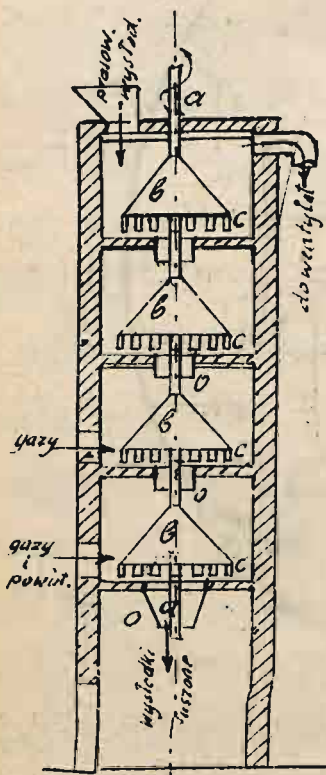


Rys. 75.

przegródki żelazne, ustawione tak, jak to wskazuje rys. schemat. 75.

Wreszcie wspomnieć na tem miejscu należy o suszarni ogniowej systemu Huillard'a w której znajdują zastosowanie gazy spalinowe z pod kotłów parowych. Urządzenie tego rodzaju jest nader celowem, gdyż w ten sposób można wysuszyć około połowy otrzymanywanych w cukrowni wysłodków, osiągając

przez to znaczną oszczędność na paliwie. Mianowicie, przyjmując iż wysłodków suszonych otrzymuje się ~ 6% na w. bur., oraz że zużycie węgla w suszarniach paleniskowych wynosi np. 60% na wagę wysłodków wysuszonych, znajdziemy, iż w ten sposób możemy zaoszczędzić węgla do:  $50\% \times 6 \times 60\% = 1,8\%$  na w. bur.



Rys 76.

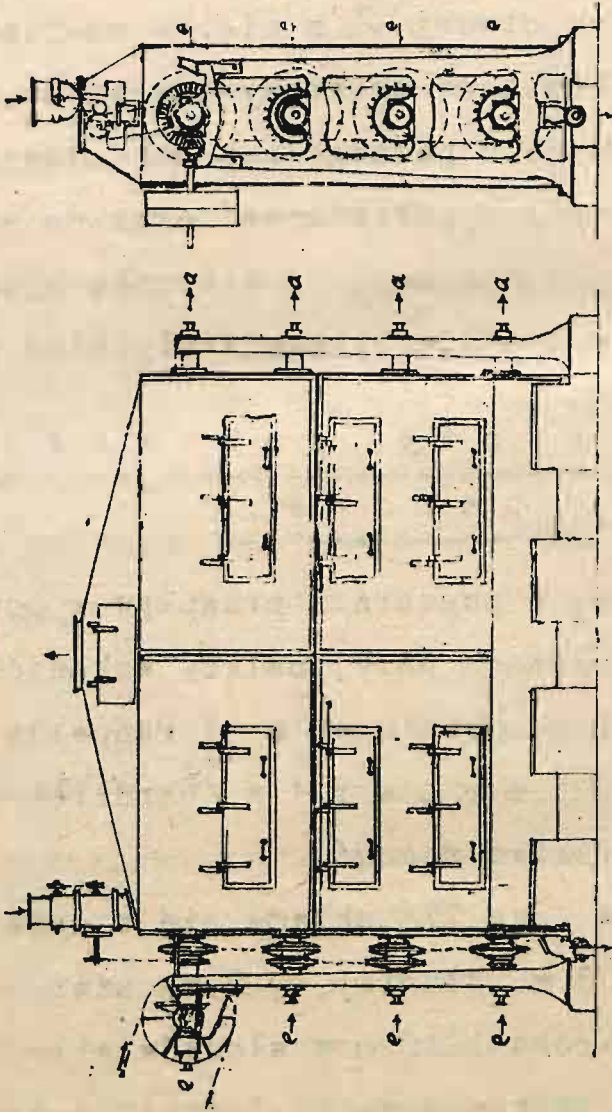
Suszarnia Huillard'a składa się z kilkupiętrowych wysokich pieców murowanych/patrz szkic na rys. 76/, zaopatrzonych

w urządzenie do poruszania i przesuwania materiału, w postaci pionowego wału *aa* ze stożkami *b* i łopatkami *c*, i energicznie wentylowanych. Wysłodki doprowadzane są do górnego piętra, skąd kolejno są przesuwane przez otwory *O* z piętra na piętro na dół; gazy zaś kominowe skierowywane są do najniższego piętra /w celu pewnego ich ochłodzenia, mieszane tu uprzednio z powietrzem/ oraz do wyżej leżącego piętra - i podążają /w kierunku przeciwnym w stosunku do wysłodków/ przez wentylator do kominu.

b. S u s z a r n i e p o w i e t r z n o -  
p a r o w e .

Jako na jedną z suszarni z przepływem powietrza, ogrzewanego za pomocą pary, należy wskazać na suszarnię Messinger'a i Popper'a w wykonaniu fabr. *S p e r b e r ' a* /bardziej pod ostatniem nazwiskiem znana/

Suszarnia ta /rys. 77/ składa się z dużej żelaznej komory /~ 8 m. długiej, ~ 2 m. szer. i 6 m. wys. - dla przerobu 1000 q. wysłodków wilgotnych na dobe/, w której umieszczone są jedno nad drugim cztery koryta żelazne, o ścianach i dnie podwójnych, ogrzewane parą odlotową lub odpowiednio zredukowa-



Rys. 77.

parą ostrą; w każdym korycie na wale poziomym /w środku próżnym/ umieszczony jest ruchomy kompleks rur, przez które przebiega w kierunku od  $\epsilon$  do  $\alpha$  - para. Za pomocą łap, przymocowanych do ruchomych przyrządów parowych, wysłodki przesuwane są od jednego końca koryta do drugiego, spadają do niżej położonego koryta - i w ten sposób są przenoszone przez cały aparat. Odpowiednio ustawiony wentylator przeciąga przez suszarnię powietrze i usuwa wawatwarzającą się w niej parę.

W celu przyspieszenia odparowania wody, wysłodki przed doprowadzaniem ich do suszarni muszą być posiekane na maszynach, urządzonych na wzór siekaczy mięsnych.

Suszarnia Sperber'a zużywa na 100 kg. suchych wysłodków  $\sim$  600 kg. pary wraz z ilością, potrzebną do zasilenia suszarni w energję mechaniczną, czyli /przy węglu o ośmiokrotnem odparowaniu/  $\sim$  75% węgla na wagę wysuszonych wysłodków.

Są obecnie w użyciu suszarnie powietrzno - parowe. np. "Imperjal", bardziej złożone, lecz doskonalsze i ekonomiczniejsze, aniżeli Sperber'a.

#### 4. Z A D A N I A .

### Z D Z I E D Z I N Y S U S Z A R N I C T W A .

Na zakończenie rozdziału o suszeniu wysłodków, rozwiążemy tu na przykładzie suszarni, pracującej na gazach odlotowych z kotłowni, - kilka z a d ań z d z i e d z i n y s u s z a r n i c t w a , a mianowicie:

I/ Jaki procent całej ilości wysłodków, otrzymywanych w cukrowni, możnaby wysuszyć za pomocą gazów odlotowych z kotłowni - w suszarni o systemie przeciwprowadym ?

II/ Jaki dałby się osiągnąć skutek użyteczny takiej suszarni ?

III/ Jaką byłaby zawartość wilgoci w gazach, opuszczających suszarnię, jaki byłby stopień ich nasycenia wilgocią, i w jakiej temperaturze byłyby one nasycone wilgocią ?

Przy rozwiązaniu tych pytań przyjmijmy n a s t ę p u j ą c e d a n e :

1. Węgiel, spalany pod kotłami, posiada wartość opałową - 6700 Cal. /na 1 kg./ i skład:



C - 71,0 %  
H<sub>2</sub> - 4,2 %  
O<sub>2</sub> - 12,0 %  
N<sub>2</sub> - 0,5 %  
H<sub>2</sub>O - 3,3 %  
popiołu - 9,0 %

2. Ilość powietrza, dopuszczanego pod ruszty, jest dwa razy większa, aniżeli teoretycznie potrzebna /spółcz.nadmiaru  $m = 2,0$ /.

3. Powietrze, doprowadzane do palenisk kotłowych, posiada temperaturę 20°C. i stopień nasyce-  
nia wilgocią 100 % .

4. Cukrownia zużywa pary 65 % na wagę buraków.

5. Temperatura pary w kotłach parowych 160°C.

6. " wody, zasilającej kotły - 100°C. x/

7. Spółczynnik skutku użytecznego kotłów - 0,70.

8. Wysłodki niepras. otrzymywane są w ilości  
100 % na w. bur.

9. Wysłodki niepras. zawierają 5 % subst. such.

10. Wysłodki są prasowane

do zawartości . . . . . 15 % " "

---

x/ Cukrownia ma możliwość zasilania kotłów wodą gorącą, powstającą przez skraplanie pary, ogrzewającej wyparkę i inne aparaty.

11. Wysłodki są suszone do zawartości 88 % subst. suchych.
12. Temp. gazów spalin. przed suszarnią 320°C.
13. " " wychodzących z suszarni 75°C.
14. " wysłodków przed suszarnią 20°C.
15. " " po suszarni . . . . . 120°C.
16. Ciepło właściwe wysłodków suchych 0,6
17. Straty ciepła w suszarni na promieniowanie i t.p. wynoszą 5 % całej ilości ciepła, pobieranego przez suszarnię.

Z a d a n i e 1:

Jaki % całej ilości wysłodków fabrycznych można wysuszyć za pomocą gazów odlotowych z kotłowni w suszarni przeciwprądowej ?

Przedewszystkiem, w celu ułożenia planu rozwiązania tego I zadania, ułożymy bilans cieplny danej suszarni. Ponieważ w bilans ten wejdzie niewiadoma /  $x$  - ilość wysuszonych wysłodków/, będziemy mieli równanie, z którego da się określić ta niewiadoma. Rachunek odnieśmy do 100 kg. przerabianych buraków.

A więc mamy z jednej strony :

① - ciepło gazów spalinowych, czyli całkowita

ilość Cal. ciepła, które mogłyby oddać gazy spalinowe, otrzymywane przy przerobieniu 100 kg. buraków, ochładzając się od temp.  $320^{\circ}$  do temp.  $20^{\circ}\text{C}$ .  $x/$

Z drugiej zaś strony mamy:

- $A$  - ciepło suszenia, czyli ilość Cal. ciepła, zużytego na otrzymanie  $x$  kg. suszonych wysłodków, a więc na odparowanie odpowiedniej ilości wody, - ciepło użyteczne;
- $q_1$  - stratę ciepła przez promieniowanie i t.p. /Cal./.
- $q_2$  - stratę ciepła z wychodzącymi z suszarni gazami, czyli ilość Cal. ciepła, które mogłyby oddać wychodzące z suszarni gazy, ochładzając się od temp.  $75^{\circ}$  do temp.  $20^{\circ}\text{C}$ .;
- $q_3$  - stratę ciepła z wysuszonymi wysłodkami, czyli ilość Cal. ciepła, które mogłyby oddać  $x$  kg. suszonych wysłodków, opuszczających suszarnię, ochładzając się od temp.  $120^{\circ}$  do temp.  $20^{\circ}\text{C}$ .

Oczywiście jest /porówn. str. 307 - 309/, że

$$Q = A + q_1 + q_2 + q_3$$

$x/ 20^{\circ}$  - jest to temperatura powietrza zewnętrznego; przyjmujemy ją w bilansie jako temp. podstawową, zamiast  $0^{\circ}$ .

Jeśli obliczymy  $Q$  i  $q_2$ , jeśli wyrazimy  $A$  i  $q_3$  przez  $x$  /ilość wysuszonych wysłodków/, oraz jeśli nie mając danych dokładnych co do urządzenia i wymiarów samej suszarni, przyjmiemy dla  $q_1$  /porówn. dane 17/ pewną wartość przybliżoną, np.  $q_1 = 0,05 Q$  - wtedy z powyższego równania będziemy mogli oznaczyć  $x$ .

Ilości ciepła  $Q$  i  $q_2$  dadzą się obliczyć, o ile będą nam znane ilość i ciepło właściwe gazów odlotowych z kotłowni, co wymaga znowuż określenia składu tych gazów.

By wyrazić  $A$  i  $q_3$  przez  $x$ , musimy wpierv oznaczyć ilość  $\tau$  Cal. ciepła, potrzebnego do otrzymania 1 kg. suszonych wysłodków, oraz ilość  $\tau_0$  Cal. ciepła, zawartą w 1 kg. wysłodków, opuszczających suszarnię.

W ten sposób zarysowuje się przed nami szereg poszczególnych zadań, które będziemy tedy kolejno rozwiązywali.

---

1/. Skład, ciepło właściwe i ilość gazów  
spalinowych - oraz wartość  $Q$  i  $Q_2$  x/.

a/. Oznaczmy naprzód jakie i w jakiej ilości gazy otrzymalibyśmy przy całkowitym spalaniu 1 kg. węgla o danym składzie w czystym tlenie bez użycia jego nadmiaru, przypuszczając, że 1 % C. /na wagę paliwa/ tracimy w żużlu.

Ponieważ z 12 kg. C i 32 kg. O<sub>2</sub> otrzymuje się 44 kg. CO<sub>2</sub>, więc z 0,7 kg. C otrzymalibyśmy:

$$\frac{44 \times 0,7}{12} = 2,570 \text{ kg. CO}_2$$

Ponieważ z 2 kg. H<sub>2</sub> i 16 kg. O<sub>2</sub> otrzymuje się 18 kg. H<sub>2</sub>O, więc z 0,042 kg. H<sub>2</sub> otrzymalibyśmy:

$$\frac{18 \times 0,042}{2} = 0,378 \text{ kg. H}_2\text{O.}$$

A więc z 1 kg. węgla dostalibyśmy gazów:

CO <sub>2</sub> . . . . .	2,570 kg.
pary H <sub>2</sub> O z wodoru węgla - 0,378	} ogółem 0,411 kg.
" H <sub>2</sub> O z wody " - 0,033	
H <sub>2</sub> /z węgla/ . . . . .	0,005 kg.
O <sub>2</sub> " " . . . . .	0,120 kg.
	czyli razem 3,106 kg. gaz

x/ Rachunek niniejszy mógłby być przeprowadzony w układzie "molowym", polecanym przez profesora Cz. Grabowskiego.

b/. Oznaczmy teraz ile trzeba byłoby teoretycznie zużyć powietrza /suchego/ do całkowitego spalenia 1 kg. węgla.

Ponieważ tlenu potrzeba teoretycznie:

$$\text{na } 0,7 \text{ kg. C.} - \frac{32 \times 0,7}{12} = 1,870 \text{ kg.}$$

$$\text{na } 0,042 \text{ kg. H}_2 - \frac{16 \times 0,042}{2} = 0,336 \text{ kg.}$$

---

$$\text{czyli razem . . . } 2,206 \text{ kg. O}_2,$$

uwzględniając zaś 0,120.kg. tlenu, zawartego w paliwie, - 2,086 kg. O<sub>2</sub>, - więc, przyjmując, że powietrze suche zawiera ok. 23,3 % wag. O<sub>2</sub> /i 76,7% N<sub>2</sub>/ znajdziemy, iż należałoby zużyć

$$\frac{2,086 \times 100}{23,3} = 8,953 \text{ kg.}$$

powietrza suchego, w którym mielibyśmy

$$\text{O}_2 \text{ . . . . . } 2,086 \text{ kg.}$$

$$\text{i N}_2 \text{ . . . } 8,953 - 2,086 = 6,867 \text{ kg.}$$

c/. Przew podwójnej zaś-w stosunku do teorji - ilości powietrza, będziemy doprowadzali pod ruszty na 1 kg. węgla

$$\text{O}_2 \text{ . . . . } 2,087 \times 2 = 4,172 \text{ kg.}$$

$$\text{i N}_2 \text{ . . . . } 6,867 \times 2 = 13,734 \text{ kg.}$$

---

$$\text{czyli powietrza suchego } 17,906 \text{ kg.}$$

i wraz z niem, przy temp. 20°C., ciśnieniu 760 mm. słupa rtęci i stopniu nasycenia wilgocią 100 % /patrz dane 3 oraz tabelkę na str. 304/.

pary wodnej - - 0,0148 x 17,906 = 0,265 kg.

Ogółem z 1 kg. węgla o danym składzie, przy podwójnej w stosunku do teorii ilości powietrza /17,906 + 0,265 = = 18,171 kg./, - otrzymany gazów spalinowych :

CO<sub>2</sub> . . . . . 2,570 kg.

H<sub>2</sub>O z węgla . . . . 0,411 } H<sub>2</sub>O razem 0,676 kg.  
H<sub>2</sub>O z powietrza 0,265 }

H<sub>2</sub> z węgla . . . . 0,005 } N<sub>2</sub> razem 13,739 kg.  
N<sub>2</sub> z powietrza 13,734 }

O<sub>2</sub> z powietrza /4,172 - 2,086/ = 2,086 kg.

-----  
czyli razem 19,071 kg. x/

d/. Znając skład gazów odlotowych w kotłowni i przyjmując /dla ciśnienia 760 mm. słupa rtęci, i temperatur 320° - 75°C./ ciepło właściwe poszczególnych składników /C<sub>p</sub>/ xx/ w przybliżeniu -

x/ Przy obliczeniach przybliżonych często się przyjmuje, że z 1 kg. węgla, o przeciętnym składzie dostaje się przy dwukrotnej ilości powietrza - 20 kg. gazów.

xx/ C<sub>p</sub> - ciepło właściwe dla 1 kg. gazu przy stałym ciśnieniu.

CO<sub>2</sub> - ok. 0,24,

H<sub>2</sub>O - ok. 0,50 /para wod. przegrzana/ ,

N<sub>2</sub> - ok. 0,25 ,

O<sub>2</sub> - ok. 0,22,

- możemy obliczyć wartość ciepła właściwego tej mieszaniny gazów - ze wzoru:

$$\frac{0,24 \times 2,570 + 0,50 \times 0,676 + 0,25 \times 13,739 + 0,22 \times 2,086}{19,071}$$

$$= 0,254.$$

Przyjmujemy, jak się to czyni często przy obliczeniach przybliżonych, wartość ciepła właściwego gazów spalinowych = 0,25.

e/. Ilość gazów spalinowych otrzymywanych na 100 kg. przerabianych buraków, da się wreszcie obliczyć, gdy się oznaczy zużycie węgla Z - w %% na wagę buraków. To ostatnie zaś może być znalezione z równania, opartego na bilansie cieplnym kotła parowego /por. dane 4-7/:

$$6700 \times Z \times 0,70 \text{ /Cal/} =$$

wartość opalowa węgla /Cal./      % węgla na w. bur.      współczynnik skutku użyteczn. kotłów.

$$= /606,5 + 0,305 \times 160 - 100/ \times 65 \text{ \% pary na w. bur. /Cal./}$$

ciepło odparowania /Cal./  
1 kg. wody o temp. 100°C.



Z równania tego znajdziemy:

$$Z = \frac{/606,5 + 0,305 \times 160 - 100/ \times 65}{6700 \times 0,70} \approx 7,7 \text{ \% na w. bur. /}$$

G a z ó w s p a l i n o w y c h przeto dostaniemy

$$19,071 \times 7,7 = \underline{146,8 \text{ \% na w. bur. /}}$$

Wreszcie znajdziemy wartość  $Q$  i  $q_2$  :

$$Q = 0,25 \times /320 - 20/ \times 146,8 = \underline{11010 \text{ /Cal./}} \text{ i}$$

$$q_2 = 0,25 \times /75 - 20/ \times 146,8 = \underline{2019 \text{ /Cal./}}.$$

2/. Ilość ciepła, potrzebnego do otrzymania 1 kg. wysłodków suszonych.

By oznaczyć ilość Cal. ciepła, które ma być zużyte do otrzymania 1 kg. wysłodków suszonych, a więc do odparowania z wysłodków prasowanych odpowiedniej ilości wody, - musimy obliczyć ilość wody, odparowywanej na 1 kg. wysuszonych wysłodków. Obliczmy też, jaka ilość wysłodków suszonych mogła by wogóle otrzymać fabryka.

a/ Całkowita ilość wysłodków fabrycznych w stanie wysuszonym.

Jeżeli wysłodków nieprasowanych fabryka otrzymuje  $W_n$  % na w. bur., o zawartości subst. such.  $S_{W_n}$  %, a wysłodków suszonych ogółem mogłaby otrzymać  $W_s$ , o zawartości subst. such.  $S_{W_s}$  %, - wtedy z równania

$$S_{W_n} \times W_n = S_{W_s} \times W_s$$

opartego na bilansie substancyj suchych /z pominięciem nieznacznych strat przy prasowaniu i suszeniu/, - mamy całkowitą ilość wysłodków suszonych, które miałyby do otrzymania fabryka, w % % na w. bur.:

$$W_s = \frac{S_{W_n} \times W_n}{S_{W_s}}$$

Wartość  $W_s$ , przy danych, wymienionych wyżej /na str. 342 i 343/ w p.p. 8, 9 i 11, wyniesie:

$$W_s = \frac{5 \times 100}{88} = 5,68 \% \text{ na w. bur. /}$$

b/. Ilość usuwanej wody, odpowiadająca 1 kg.-owi suszonych wysłodków.

Jeśli wysłodków prasowanych ogółem fabryka może

otrzymać  $W_p$  % na w. bur., o zawartości subst. such.  $S_{W_p}$  %, a wysłodków suszonych -  $W_s$  % na w. bur., o zawartości subst. such.  $S_{W_s}$  %, - możemy ułożyć proporcję /por. wyżej/:

$$\frac{W_p}{W_s} = \frac{S_{W_s}}{S_{W_p}}$$

skąd mamy:

$$\frac{W_p}{W_s} - 1 = \frac{S_{W_s}}{S_{W_p}} - 1,$$

czyli

$$\frac{W_p - W_s}{W_s} = \frac{S_{W_s} - S_{W_p}}{S_{W_p}}$$

Ponieważ  $W_p - W_s$  jest to ilość wody, odparowanej przy otrzymywaniu  $W_s$  % na w. bur. suszonych wysłodków, więc mamy wzór do obliczenia ilości usuwanej wody, odpowiadającej 1 kg. -owi suszonych wysłodków.

Obliczamy tedy wartość  $\frac{W_p - W_s}{W_s}$  dla danych  $S_{W_s}$  i  $S_{W_p}$  /patrz p.p. 10 i 11 str. 342 i 343/.

$$= \frac{88 - 15}{15} = \underline{4,87} / \text{kg.} \quad \text{ó d -}$$

parowanej wody na 1 kg. suszonych wysłodków /.

c/. Ilość ciepła, potrzebnego do otrzymania 1 kg. wysłódków suszonych.

Aby otrzymać 1 kg. wysłódków suszonych, należy odparować, jakasmy dopiero co znaleźli, - 4,87 kg. wody.

Chcąc obliczyć ilość Cal. ciepła, potrzebnego do odparowania tej ilości wody, przyjmijmy, jako pierwsze przybliżenie, że temperatura, w której gazy, opuszczające suszarnię w temp.  $75^{\circ}\text{C}$ ., byłyby nasycone parą wodną, powstającą z suszonych wysłódków /wraz z parą wodną z gazów spalinowych/, - jest =  $60^{\circ}\text{C}$ .

Na każdy 1 kg. odparowywanej wody powinniśmy zużyć tyle Cal. ciepła, ile potrzeba do otrzymania z 1 kg. wody o temp.  $20^{\circ}\text{C}$ . /temperatura wysłódków przed suszarnią/ 1 kg. pary nasyconej o temp.  $60^{\circ}\text{C}$ ., czyli

$$606,5 + 0,305 \cdot 60 - 20 \text{ /Cal/},$$

a prócz tego - tyle Cal. ciepła, ile potrzeba do przegrzania 1 kg. pary od temp.  $60^{\circ}$  do temp.  $75^{\circ}$  /temperatura gazów wychodzących z suszarni/, czyli

$$0,5^{\text{m}} \cdot x \text{ /} 75 - 60 \text{ /Cal/},$$

a więc razem

x/ Przybliżona wartość ciepła właściwego pary przegrzanej.

$$\begin{aligned} & /606,5 + 0,305 \cdot 60 - 20/ + 0,5 \times /75 - 60/ = \\ & = \sim 612 \text{ /Cal/}. \end{aligned}$$

Na każdy zaś 1 kg. suszonych wysłodków, będziemy musieli użyć ciepła /patrz wyżej poz. b/:

$$z = 612 \times 4,87 = \sim 2980 \text{ /Cal/}.$$

3/ Ilość wysłodków, które możnaby wysuszyć za pomocą gazów odlotowych z kotłowni.

Równanie, podane na str. 345

$$Q = A + q_1 + q_2 + q_3$$

/rachunek na 100 kg. przerobionych buraków/, możemy przekształcić w następujący sposób :

$$Q = zx + q_1 + q_2 + z_0 x,$$

gdzie  $x$  - ilość /% na w. bur./ faktycznie dających się otrzymać wysłodków suszonych,  $z$  - ilość /Cal/ ciepła, potrzebnego do otrzymania 1 kg. wysłodków suszonych i  $z_0$  - ilość /Cal./ ciepła, które mógłby oddać 1 kg. wysłodków, opuszczających suszarnię,

i gdzie  $q_1$  przyjmujemy /por. str. 346 =  $0,05 \cdot Q$

Mamy tedy :

$$Q = zx + 0,05Q + q_2 + z_0 x,$$

skąd

$$x = \frac{0,95Q - q_2}{z + z_0}$$

Poszukiwany zaś % - owy stosunek  $y$  ilości faktycznie otrzymanych wyników suszonych  $x$  do całkowitej możliwej ilości  $W_s$  - wyrazi się wzorem:

$$y = \frac{x \cdot 100}{W_s} = \frac{(0,95Q - q_2) \cdot 100}{(z + z_0) \cdot W_s}$$

Gdybyśmy w tym wzorze na miejsce liczby 0,95 wstawili współczynnik literowy np.  $\alpha$ , oraz gdybyśmy wartości  $Q, q_2, z, z_0$  i  $W_s$  wyrazili odpowiednimi wzorami literowymi, - mielibyśmy w najogólniejszej formie wzór /wprawdzie nieco przydługi/, wyrażający rozwiązanie naszego I zadania.

Rozwiążmy zadanie, uwzględniając nasze konkretne warunki.

Wartości  $Q$  i  $q_2$  już są przez nas oznaczone /p. str:351/, - mianowicie:

$$Q = 11010 \text{ /Cal/ i}$$

$$q_2 = 2019 \text{ /Cal./}$$

Wartość  $W_s$  znaleźliśmy wyżej /poz.2 a/ = 5,68 /kg. na 100 kg. bur./, wartość  $z$  /poz.2 a/ = 2980

/Cal./; wreszcie  $\gamma_0$ , czyli ilość ciepła, które mógłby oddać 1 kg. wysłódków suszonych o ciepło właściwe /patrz dane 16 na str. 344/ 0,6, opuszczających suszarnię, ochładzając się od temp.  $120^\circ$  do temp.  $20^\circ\text{C}$ ., - będzie:

$$\gamma_0 = 0,6 /120 - 20/ = 60 \text{ /Cal./}.$$

Mając te wszystkie liczby, znajdujemy:

$$x = \frac{0,95Q - q_2}{\gamma + \gamma_0} = \frac{0,95 \cdot 11010 - 2019}{2980 + 60} = 2,78 \text{ i}$$

$$y = \frac{(0,95Q - q_2) \cdot 100}{(\gamma + \gamma_0) \cdot W_s} = \frac{2,78 \cdot 100}{5,68} = \text{ok. } 49(\%)$$

A więc, z pomocą gazów odlotowych z kotłowni, stosując suszarnię przeciwprądową, w podanych wyżej warunkach, można byłoby otrzymywać - 2,8 kg. wysłódków suszonych na 100 kg. buraków, czyli suszyć ok. 49% całkowitej ilości wysłódków fabrycznych.

## Zadanie II.

Spółczynnik skutku użytecznego suszarni.

Znając wartości  $Q$  i  $A$ , z łatwością obliczymy

poszukiwany współczynnik.

Mianowicie, ze wzoru dla skutku użytecznego suszarni /por. wyżej str. 307/:

$$\eta = \frac{100 R}{Q}$$

znajdujemy :

$$\eta = \frac{100 r x}{Q} = \frac{100 \cdot 2980 \cdot 2,78}{11010} = 75,2 (\%),$$

czyli współczynnik = 0,75.

### Z a d a n i e III.

Stopień nasycenia wilgocią gazów, opuszczających suszarnię.

1/ Zawartość wilgoci w gazach.

Licząc na 1 kg. spalanego węgla, otrzymujemy z kotłowni 19,071 kg. gazów spalinowych - i w tem - 0,676 kg. pary wodnej /patrz wyżej str. 349/, a na 100 kg. przerabianych buraków - 146,8 kg. gazów /str. 351/ - i w tem, przy 7,7 kg. węgla, spalanego na 100 kg. buraków /str. 351/, pary wodnej

$$0,676 \times 7,7 = \approx 5,2 \text{ /kg. na 100 kg. bur./}$$

Więc w 146,8 kg. gazów spalinowych będziemy mieli /na 100 kg. buraków/:

pary wodnej - - - - - 5,2 kg.

i gazów suchych - - - 146,8 - 5,2 = 141,6 kg.

Obliczymy teraz ilość pary wodnej, wydzielają-



cej się z wysłodków.

Mamy wyżej /str 353 i 357/, 12<sup>1</sup> kg. suszonych wysłodków należy odparować 4,87 kg. wody, oraz że, stosując gazy odlotowe z kotłowni, można otrzymać 2,78 kg. wysłodków suszonych na 100 kg. buraków. A więc ilość pary wodnej, pochodzącej z wysłodków, wyniesie:

$$4,87 \times 2,78 = \sim 13,5 / \text{kg. na } 100 \text{ kg. bur.} /$$

Dodając tę ilość, będziemy mieli razem

$$\text{na } 141,6 \text{ kg. suchych gazów: } 5,2 + 13,5 = 18,7 \text{ kg.}$$

$$\text{a " 1 " " " " } \frac{18,7}{141,6} = 0,132 \text{ kg.}$$

czyli 0,132 kg. p a r y w o d n e j n a 1 kg.  
s u c h y c h g a z ó w.

## 2/ Stopień nasycenia gazów wilgocią.

Z podanej wyżej /str. 304/ tablicy wiemy, że 1kg. suchego powietrza pod ciśnieniem 760 mm. słupa rtęci może pobrać do nasycenia w temp. 75°C /temperatura gazów, opuszczających suszarnię/ - 0,387 kg. pary wodnej.

Ponieważ w naszym przypadku na 1 kg. suchych gazów wypada 0,132 kg. pary wodnej, więc mamy s t o p i e ń n a s y c e n i a g a z ó w w i l g o c i ą :

$$\frac{0,132 \cdot 100}{0,387} = \frac{34,1}{1} / \%$$

3/ W jakiej temperaturze gazy odlotowe z suszarni byłyby nasycone wilgocią?

1 kg. suchego powietrza pod ciśnieniem 760 m/m. rtęci może pobrać do nasycenia kg. pary wodnej  $\frac{1}{4}$

w temp. 50°	-	0,0868 kg.
" " 55°	-	0,1152 "
" " 60°	-	0,1540 "

Z danych tej tabliczki wnioskujemy, iż gazy, opuszczające suszarnię, byłyby nasycone wilgocią, gdyby temperatura ich spadła do ok. 58°C.

## R o z d z i a ł V.

### O C Z Y S Z C Z A N I E S O K U .

#### S O K D Y F U Z Y J N Y I Z A S A D Y J E - G O O C Z Y S Z C Z A N I .

##### a. S k ł a d i w ł a s n o ś c i s o k u d y - f u z y j n e g o .

Otrzymany metodą dyfuzji sok - t.zw. d y f u - z y j n y albo „s u r o w y” - zawiera, jak już wiemy, oprócz sacharazy, znaczną ilość t.zw. niecu-krów.

L/ por. dziełko Hausbrand'a - „Das Trocken mit Luft und Dampf”, 1911 r., tabl 1.