# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

**Tom XLIII.** *Warszawa, dnia 27 lipca 1905 r.* **№ 30.**

## Prawa mechaniczne spadania i utrzymywania ciał w powietrzu.

Napisał **H. Czopowski**, inż.

(Dokończenie do str. 361 w № 29 r. b.).

**Zadanie II.** *Zatrzymany* (lub będący w spokoju) przedmiot należy *utrzymać* w powietrzu za pomocą strumienia powietrza; znaleźć w tym wypadku wielkość dla $c$ i wyraz odpowiedniej pracy mechanicznej.

Ponieważ w zadanie powyższe nie wchodzi ani energia kinetyczna (gdyż ciało jest w spokoju), ani praca mechaniczna, możemy przeto w celu jego rozwiązania zastosować równowagę sił. Siły działające na dane ciało powinny być w równowadze. Siły te są zestawione pod znakiem całki w równaniu (1), korzystam więc z tego i podstawiając stosownie do założenia: $v_x=0$, otrzymuję:

$$G - \frac{\psi\gamma}{2g} a c^2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31);$$

skąd

$$c = \beta\sqrt{\frac{G}{a}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32),$$

lub też dla $a=A$

$$c = \beta\sqrt{\frac{G}{A}} = k. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33).$$

Z zestawienia wzorów (23) i (33) wynika, iż, gdy dany przedmiot jest w ruchu (podczas spadania), to dla jego *zatrzymania* należy, ażeby $c > \beta\sqrt{\frac{G}{a}}$; jeżeli tenże przedmiot został już zatrzymany, to dla jego *utrzymania* w powietrzu należy, ażeby

$$c = \beta\sqrt{\frac{G}{a}}.$$

Praca więc mechaniczna (np. wentylatora) potrzebna do wywołania strumienia powietrza, który *utrzymuje* dane ciało w zawieszeniu:

$$E = \frac{m\,.\,c^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

po podstawieniu $c=\beta\sqrt{\frac{G}{A}}$ i zauważywszy, iż: $m = ac\frac{\gamma}{g}.\frac{\psi}{2}$, otrzymamy:

$$E = \frac{1}{2}\, a\, \frac{\gamma}{g}\, \beta^3 \left(\frac{G}{a}\right)^{\frac{3}{2}} . \left(\frac{\psi}{2}\right) . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35);$$

dla $a = A$:

$$E = \frac{1}{2}\, A\, \frac{\gamma}{g}\, \beta^3 \left(\frac{G}{A}\right)^{\frac{3}{2}} . \left(\frac{\psi}{2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36);$$

w to równanie można wprowadzić wielkość $k$ jako *charakterystykę* właściwości spadania danego ciała; po odpowiedniem podstawieniu z (16) otrzymamy zamiast (36):

$$E = \frac{1}{2}\, A\, \frac{1}{\beta^2}\,.\,\beta^3 \left(\frac{G}{A}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{1}{2}\, A\,.\,\beta\,.\,\frac{G}{A}\,.\,\sqrt{\frac{G}{A}} \quad . \quad 37),$$

lub też:

$$E = \frac{G\,k}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (38).$$

---

Ukończywszy rozwiązanie powyższych zadań, stawiam sobie pytanie, w jakimże stosunku znajdują się rezultaty przeze mnie otrzymane, do rezultatów przytoczonych przez prof. Gostkowskiego w № 9 Przegl. Techn. r. b. oraz w № 40 i 43 z r. z. przez pp. Monikowskiego i Straszewicza. W tej kwestyi pozwolę sobie wyrazić co następuje.

Wzór inż. Budau, iż $E = \frac{G\,k}{2}$, jest identycznym z wzorem (38), przeze mnie wyprowadzonym; wzór ten służy do obliczenia energii, potrzebnej do *utrzymania* danego ciała w powietrzu; autor też przy zestawieniu powyższego wzoru nie brał pod uwagę prędkości początkowej, jaką dane ciało mogłoby posiadać; mojem więc zdaniem, wzór $E = \frac{G\,k}{2}$ jest dla *danego* wypadku odpowiednim.

Inne zupełnie zadanie postawili sobie prof. Gostkowski i pp. Straszewicz i Monikowski: ciało przez nich badane znajduje się w ruchu i, gdy zaczyna na niego działać strumień powietrza, posiada ono *już* prędkość $v_0$ czy też $k$, posiada więc pewną energię kinetyczną, którą możemy zniszczyć jedynie przez wykonanie pewnej pracy. Tymczasem prof. Gostkowski szuka sił, któreby się wzajemnie utrzymywały w równowadze, i w przykładzie swoim (str. 102, № 9 Przegl. Techn. r. b.) energię kinetyczną $\left(\frac{S\,.\,5{,}5^2}{2\,g}\right)$, jaką posiada obrane przez niego ciało, chce zrównoważyć jakiemiś siłami! Gdzież się więc podziała energia, jaką posiadało spadające ciało?; rachunek prof. Gostkowskiego tego nie wykazuje! Energię spadającego ciała należy najpierw spożyć przez *pracę* mechaniczną, a następnie, gdy już ona równą jest zeru, można dane ciało utrzymać w zawieszeniu za pomocą *siły*, równej np. oporowi bijącego strumienia powietrza.

Inż. Straszewicz wychodzi zupełnie racyonalnie z wzoru energii kinetycznej strumienia i dla wypadku, gdy $c = 2\,k$, t. j. $\eta = 2$, wzór jego jest dobry; lecz, jakem już wyżej dowiódł, wystarcza *wogóle* dla *zatrzymania* spadającego ciała, ażeby $\eta > 1$; zresztą $\eta$ może być wielkością dowolną, o ile nie jesteśmy skrępowani miejscem, w którem dany przedmiot ma się zatrzymać, lub też czasem, kiedy ma się zatrzymać; nie jest więc koniecznym warunkiem, ażeby $c = 2\,k$[1]. Dla tejże przyczyny nie widzę „konieczności" o jakiej wspomina prof. Gostkowski (por. Przegl. Techn. r. 1904, str. 102), ażeby parcie wiatru przewyższać miało dokładnie dwa razy ciężar mającego zawisnąć przedmiotu: to twierdzenie posiada ten sam błąd, o którym wspomniałem wyżej, iż energii kinetycznej przeciwstawia się opór, t. j. siłę.

Wzór $E = G\,k$ jest również dobry dlatego, iż przyjąć możemy: $\eta = \sqrt[3]{2} = 1{,}26 > 1$, lecz nie dlatego, jak twierdzi prof. Gostkowski, że: $W = G$, gdyż równanie (II) prof. Gostkowskiego jest statyczne, – może być więc tylko $R = G$, – i stosowane być ono może tylko do tych wypadków, gdy ciało znajduje się w spokoju w chwili, gdy zaczął na nie działać strumień powietrza, – a w tym razie $W=0$. Ażeby np. zsunięty ze stołu przedmiot zatrzymać w powietrzu na poziomie tegoż stołu, potrzebna jest energia $E = \frac{G\,k}{2}$; $k$ w tym wzorze nie oznacza, iż dany przedmiot miał prędkość $k$ w chwili, gdyśmy go chcieli zatrzymać, lecz $k$ jest w tym razie tylko wielkością, charakteryzującą właściwości spadania danego ciała; dla uniknięcia nieporozumienia, możnaby we wzór $E = \frac{Gk}{2}$ wstawić $k=\beta\sqrt{\frac{G}{A}}$, skąd $E = \frac{\beta}{2}\,G\sqrt{\frac{G}{A}}$, lecz to rezultatu nie zmieni[2]).

Inny postawił sobie warunek inż. Monikowski, dla zatrzymania ciała w powietrzu; sądząc z wzoru całki $\left(\int_0^1\right)$, umie-

---

[1]) W № 26 Przegl. Techn. r. b. inż. Straszewicz wyraża się, iż „dość jasno wskazał, dlaczego przyjął, że $c = 2\,k$", lecz pomimo poszukiwań w poprzednich jego artykułach, wyjaśnienia tego nie znalazłem.

[2]) W tenże sposób rozumiał inż. Budau swój rachunek, gdyż wyraża się w czasopiśmie Z. d. öst. Ing. u. Arch.-V. r. 1904, № 33, str. 477, że pod $R$ (u niego oznaczone jest przez $c$) rozumie prędkość końcową, z którą ciało dane *spadałoby* (fallen würde).

szczonej przy końcu str. 531 № 40 Przegl. Techn. r. z., wnioskuję, iż inż. Monikowski chciał postawić sobie warunek, ażeby ciało spadające *zatrzymać* działaniem strumienia powietrza w przeciągu *jednej sekundy*. Jest to warunek dowolny, ale mogący dać również praktyczne rezultaty, i rezultat tego rachunku byłby również dobry, gdyby nie pewne przypuszczenia, które inż. Monikowski milcząco wprowadził do rachunku, a które to przypuszczenia rezultat jego obrachunku robią niezdatnym do zastosowania.

W powyżej wymienionej pracy inż. Monikowski powiada: „Z mechaniki wiadomo, że pozostawione samemu sobie ciało w chwili naruszenia równowagi opuszcza się pod wpływem przyciągania ziemi o $\frac{g\,dt}{2}$ *w każdej cząstce czasu dt*"; naprzód zauważę, że ciało w próżni opuści się wogóle o przyrostek drogi, t. j. o $ds = gtdt$, nie o $\frac{g\,dt}{2}$; błąd ten jednakże nie wpływa na rezultat jego rachunku, gdyż, jakem już wyżej zaznaczył, autor wzoru przyjął $t = 1$, a więc błąd ten wypadnie; nie usprawiedliwia to jednakże błędności wzoru $\frac{g\,dt}{2}$; następnie we wzorze tym tkwi przypuszczenie, że ciało spada w przestrzeni bezpowietrznej, gdyż wyraz $\frac{g\,dt}{2}$ (właściwie $gtdt$) ma prawdopodobnie oznaczać drogę, przebytą przez ciało w ruchu *równomiernie przyspieszonym*, gdy tymczasem spadać ono będzie pewnym ruchem zwalniającym, którego prędkość pod koniec pierwszej sekundy = zeru, ponieważ dane ciało ma się wtedy zatrzymać. Wzór więc $\frac{G\,.\,g}{2}$ nie odpowiada rzeczywistemu stanowi spadania ciał w powietrzu i nie może być stosowany do tej grupy zjawisk.

---

*Niezależnie* od wyłuszczonych przeze mnie wywodów i rezultatów, jakie stąd otrzymałem, spotkałem się w pracach wyżej wspomnianych z pewnemi twierdzeniami, które, mojem zdaniem, są wręcz przeciwne wszelkim pojęciom mechaniki.

Jeżeli np. pewne ciało o ciężarze $G$, pod działaniem pewnych sił, posiada stałą prędkość $c$, to możemy tylko powiedzieć, iż ciało to posiada energię kinetyczną $= \frac{G c^2}{2 g}$,—inaczej mówiąc, jest ono *w stanie* wykonać pracę mechaniczną, która cyfrowo równa jest $= \frac{G c^2}{2 g}$; z jakiejże racyi możemy powiedzieć, że praca ta $= G\,.\,c$?! Statek płynący po rzece ze stałą prędkością $c$ posiada energię kinetyczną $\frac{G c^2}{2 g}$, —rozbicie się np. jego nastąpi tylko z tą energią $\frac{G c^2}{2 g}$, i w celu np. zatrzymania tego statku należy tę energię spożyć; spożycie takie może nastąpić przez zniszczenie wytrzymałości materyału, w razie rozbicia się statku, lub też przez pracę zewnętrzną, np. przez pracę ludzi, wstrzymujących statek z brzegów za pomocą lin, — wtedy praca tych ludzi musi być równą energii kinetycznej $\frac{G c^2}{2 g}$; dla wyrazu zaś $G\,.\,c$ nie znajduję w danym wypadku żadnego znaczenia mechanicznego! Wogóle uważam, iż przeprowadzanie analogii podobnych (w rodzaju statku, haku i t. p.), zaciemnia wszelką analizę mechaniczną danego zjawiska; powinniśmy w każdem zjawisku szukać tylko wyrazów dla energii kinetycznej i potencyalnej i te łączyć w funkcye, uznane przez teorye mechaniki analitycznej.

Pojąć np. nie mogę i nie pojmę „zdeformowanego powietrza",—a więc i podobieństwa „takiego powietrza" ze zdeformowanym hakiem znaleść nie mogę.

Na str. 588 Przegl. Techn. z r. z. znajduję znowu pewne wzory, na które spojrzę z matematycznego punktu widzenia, nie wchodząc w ich treść. Jest tam napisane: $G\,.\,h = \frac{M v^2}{2}$; bardzo dobrze, z jednej strony równania mam pracę, z drugiej energię kinetyczną (niezależnie od tego uważam zastosowanie równania tego w danym wypadku za błędne), lecz dalej mówi autor „gdy *przyspieszenie v* — równa się przyspieszeniu siły ciążenia $g = 9{,}81$ i t. d."; $v$ — przecież jest prędkością, gdyż jako prędkość zostało wprowadzone do wzoru powyższego; jeżeli $v$ ma zaś oznaczać przyspieszenie, to wzór powyższy $G h = \frac{M v^2}{2}$ jest błędny! gdy zaś znowuż $v$ ma być prędkością, skądże może być $v = g$, a więc prędkość równać się przyspieszeniu? Może tu czas $t$ był potrzebny, może—lecz ja go w rachunku nie widzę! Jakże niematematycznie wygląda również wzór $(c + g)$, gdzie dodaje się prędkość do przyspieszenia?! Wzory takie *w żadnym razie* nie mogą mieć *ogólnego* znaczenia, choćby tylko dlatego, że nie odpowiadają wymiarom $(L, M, T)$. Praca np. musi mieć wymiar: $[M\ L^2\ T^{-2}]$, praca na 1 sek. — wymiar: $[M\ L^2\ T^{-3}]$, wzór zaś: $\frac{G g}{2}$ ma wymiar: $[M\ L\ T^{-2}\ L\ T^{-2}] = [M\ L^2\ T^{-4}]$; funkcya więc $G\,.\,g$ nie może wogóle wyrażać pracy.

Na str. 325 Przegl. Techn. r. z. czytam znowuż, „impuls siły ciążenia". Co to jest? jaką miarą mierzy się tę wielkość? Pojęcie impulsu stosuje się do sił chwilowych inaczej zwanych popędowych i miarą jego w tem znaczeniu jest $m\,.\,v$; siła zaś ciążenia jest siłą ciągłą, która się mierzy przez iloczyn masy i przyśpieszenia $= m\,.\,p$; czemże teraz będziemy mierzyli „impuls siły ciążenia"?

Na zakończenie pozwolę sobie zrobić następującą uwagę o przeprowadzonej wymianie poglądów na pomieniony temat.

Nie przesądzając dobroci mojego rachunku, zauważę, iż cała wymiana poglądów pozbawiona jest *przedmiotowości*, wskutek czego robi wrażenie scholastycznej, polegającej na tem, iż strony wzajemnie się nie rozumieją, gdyż każda z nich tworzy nowe pojęcia, wprowadza nowe niczem nieuzasadnione analogie, które nie są zrozumiałe dla czytających. Analogie z koniem, górą, statkiem, zdeformowanem powietrzem i hakiem są nie tylko nie naukowe, lecz zaciemniają nadto analizę danego zjawiska, lub też są absolutnie niezrozumiałe. Rezultatem więc takiej wymiany poglądów są 4 wzajemnie sprzeczne wzory na toż samo zjawisko, i oświadczenie stron dysputujących, że się nie rozumieją (Przegl. Techn. № 26 r. b.). Mechanika teoretyczna posiada przecież swoje urobione pojęcia i twierdzenia;—zwróćmy się do tych pojęć i do tych twierdzeń, a wtedy będziemy się mogli wzajemnie zrozumieć i będziemy w stanie osiągnąć rezultaty pozytywne.

---

Posiadając wszystkie teoretyczne dane w pamięci, zestawię jeszcze równanie, w którem czas i prędkość połączone będą w jedną funkcyę.

Równanie ruchu (1) pozostaje i w tym wypadku w swej sile, podstawiam jedynie:

$$dx = v_x\, dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39),$$

gdzie $t$ sek. oznacza przeciąg czasu, w którym działa strumień powietrza. Podstawiam (39) w (4), skracam obie strony równania, stąd otrzymanego, przez $v_x$ i otrzymuję:

$$\frac{g}{\rho}\, dt = \frac{dv_x}{(\rho - ac^2) - 2\, acv_x - Av_x^{\,2}} \quad . \quad . \quad . \quad (40).$$

Prawa strona tego równania jest identyczną z wyrazem, znajdującym się pod znakiem całki w równ. (6); korzystam więc z działań, przeprowadzonych we wzorach, począwszy od (7) do (11); w (12) znajduję gotową całkę,—po jej podstawieniu w (40) otrzymuję:

$$\frac{g}{\rho}\ t = \frac{1}{\sqrt{p}}\ \mathrm{artg}\left[\frac{A\sqrt{p}\,(v_0 - v_x)}{p + (ac + Av_x)\,(ac + Av_0)}\right] \quad . \quad (41).$$

Przyjmując:

$$a = A;\ v_x = 0;\ v_0 = k = \beta \sqrt{\frac{G}{A}}\ ;\ t = t_0,$$

otrzymamy:

$$p = -A\beta^2 G,\ \rho = Ak^2;$$

przeprowadzając dalej rachunek, jaki wskazują równ. (24), (25) i (26), otrzymuję zamiast (41):

$$\frac{g}{A\,k^2}\,t_0 = \frac{1}{\beta \sqrt{AG}} \cdot \frac{1}{2} \cdot ln\, \frac{c\,(c+k)}{c\,(c+k) - 2\,k^2} \quad . \quad (42);$$

mnożę obie strony równania przez $\beta \sqrt{AG}$, wskutek czego:

$$\frac{g}{k} \cdot t_0 = \frac{1}{2}\; ln\, \frac{c\,(c+k)}{c\,(c+k) - 2\,k^2} \quad . \;.\;. \quad (43);$$

jeżeli $\frac{c}{k} = \eta$, to:

$$\frac{g}{k}\,t_0 = \frac{1}{2}\; ln\, \frac{\eta^2 + \eta}{\eta^2 + \eta - 2} \quad . \;.\;.\;.\;. \quad (44).$$

*Przypisek.* Zgodnie z treścią zawiadomienia, podanego w № 26 r. b. (str 324), poczytywać będziemy wymianę poglądów w przedmiocie zamieszczonego w № 40 r. z. artykułu inż. p. K. Monikowskiego w piśmie naszem za ukończoną. *Redakcya.*

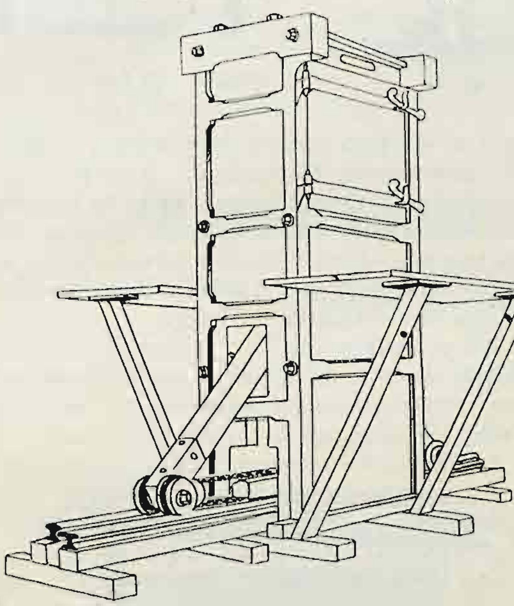
# PRZEMYSŁOWY UŻYTEK TORFU.

(Dokończenie do str. 357 w № 28 r. b.)

Rys. 9[1]) przedstawia prasę do ścieli, poruszaną maszyną parową. Do prasowania parą potrzeba 1 palacza i 7-iu ludzi do obsługi prasy i do opakowywania sprasowanych brył torfu.

Dalsze rysunki przedstawiają różne urządzenia klozetów torfowych. A więc:

Rys. 10—mechaniczny klozet torfowy; w skrzynce służącej za wieko znajduje się proszek torfowy, który po zam-



Rys. 9.

knięciu wpada w wymierzonej ilości do klozetu. Cena klozetów od 15 do 45 kor.

Rys. 11 — klozet o ruchomem siedzeniu, które przyciśnięte wydziela ze skrzyni pionowej część proszku do naczynia, wstawianego w klozet Klozet opatrzony jest drzwiczkami.

Rys. 12 przedstawia przekrój klozetu z siedzeniem ruchomem; uwidocznione jest urządzenie mechanizmu ruchomego, wydzielającego proszek torfowy.

Rys. 13 — wychodki torfowe piętrowe z klozetami mechanicznymi; do dołu odchodowego dostaje się kał zmieszany w klozetach z proszkiem torfowym.

Rys. 10.

Rys. 14—wychodki piętrowe bez klozetów—kał wpada do wózka w piwnicy, w którym musi być mieszany z torfem parę razy na dzień.

Rys. 15 — wychodki publiczne z pisuarami.

Rys. 16 — to samo w przekroju pionowym wzdłuż wychodków; kał odwożony jest wózkami.

Rys. 17—małe wychodki z beczkami. Przekrój pionowy.

[1]) W № 28 Przeglądu, str. 357, szp. II, zamiast w. 26—29 od góry, powinno być: Rys. 7 przedstawia bryłę sprasowanej ścieli, zabezpieczoną listwami i związaną drutem. Rys. 8—prasę do ścieli ręczną.

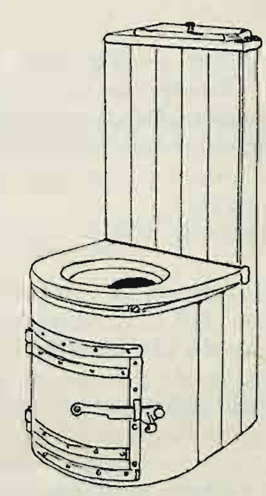
Rys. 18 — to samo w przekroju poziomym.

Rys. 19—wychodki publiczne z klozetami mechanicznymi—w widoku.

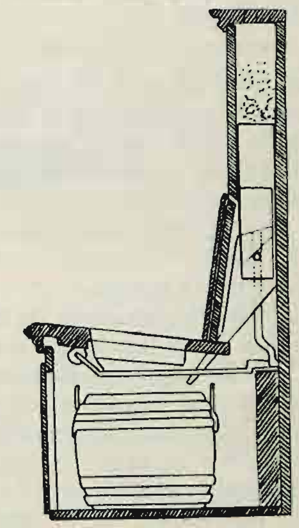
Rys. 20 — to samo w przekroju poziomym.

Rys. 21 — to samo w przekroju pionowo-poprzecznym.

Ściółka torfowa da się z korzyścią użyć do budowy lodowni. Najprostszy system polega na ułożeniu stosu lodu na powierzchni gruntu na warstwie ścieli 0,4—0,6 *m* i okryciu całego stosu taką samą warstwą torfu. Lodownie większe są

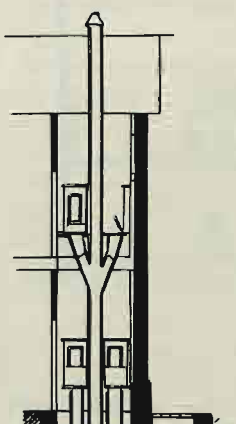


Rys. 11.

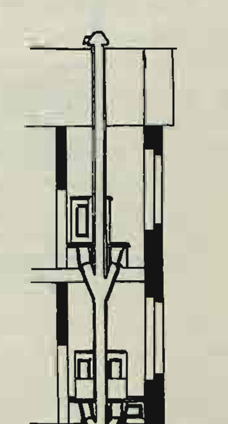


Rys. 12.

to budynki drewniane o podwójnych w około lodowni ścianach, w odstępie 50 *cm*, ze strychem, który tak jak przestrzenie między ścianami jest wypełniony warstwą suchej ścieli. Budynek stoi na podsypie z ziemi, aby woda z lodu mogła łatwo



Rys. 13.



Rys. 14.

z pod budynku wypływać; najlepszym jest podsyp z piasku lub żwiru. Pod lód daje się również warstwę ścieli na 50 *cm* i przykrywa słomą. Lód tłucze się i polewa wodą dla wypełnienia wolnych przestrzeni. Lód może w takiej lodowni stać 3 lata; rąbie się go zawsze pionowo.

## II. Wyrób alkoholu.

Wyrób alkoholu przeszedł już pierwsze stadyum prób, które dały teoretycznie zadawalniające rezultaty. Sposób wyrobu cukru i alkoholu z torfu opatentowano w r. 1891